

УДК 599.322.2(252.33)(517.3)

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К АНАЛИЗУ БИОРАЗНООБРАЗИЯ МЕЛКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ НА ПРИМЕРЕ ИНТРАЗОНАЛЬНЫХ И ЗОНАЛЬНЫХ ПЕСЧАНЫХ ЛАНДШАФТОВ МОНГОЛИИ

А.В. Суров ¹, П.Л. Богомолов ², И.А. Тихонов ¹, Г.Н. Тихонова ¹

¹ *Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН
Россия, 119071, Москва, Ленинский просп., 33*

² *Государственный проектно-изыскательский институт
земельно-кадастровых съёмов (ФГУП «Госземкадастрсъёмка» – ВИСХАГИ)
Россия, 109052, Москва, Нижегородская, 94, корп. 4
E-mail: surov@sevin.ru*

Поступила в редакцию 10.05.08 г.

Методические подходы к анализу биоразнообразия мелких млекопитающих на примере интразональных и зональных песчаных ландшафтов Монголии. – Суров А.В., Богомолов П.Л., Тихонов И.А., Тихонова Г.Н. – Впервые для установления зональности в распределении мелких млекопитающих и для оценки подобия фаун предложен метод вычисления *A-E*-градиента, ранее примененного Клауснитцером к беспозвоночным города. Независимо от числа выделяемых зон метод также можно использовать для построения зоогеографических карт при относительно небольшом числе ключевых точек, отслеживания трансграничных взаимодействий, построения прогностических моделей распределения животных и растений.

Ключевые слова: биоразнообразие, зональность, мелкие млекопитающие, *A-E*-градиент.

Methodical approaches to analysis of the biodiversity of small mammals with the intra-zonal and zonal sandy landscapes of Mongolia as an example. – Surov A.V., Bogomolov P.L., Tikhonov I.A., and Tikhonova G.N. – A method of calculation of the *A-E*-gradient is offered for establishment of the zonal distribution of small mammals and for estimation of fauna similarity. Irrespective of the number of allocated zones, the method can be used for zoocartography with few key points, for tracking transboundary interactions, and for developing prediction models of the animal and plant distribution.

Key words: biodiversity, zonal distribution, small mammals, *A-E*-gradient.

ВВЕДЕНИЕ

Концепция зональности предполагает наличие абиотических факторов, которые, оказывая влияние на биоту, приводят к образованию зональных природных сообществ. Одним из таких факторов может быть солнечная энергия, ее величина и распределение по сезонам. Теоретически, в зависимости от широты местности, солнечная энергия убывает от экватора к полюсам. При этом сезонная неравномерность ее распределения в течение года нарастает от экватора, где она наименее выражена, к полюсам, где контраст между сезонами и в течение суток становится предельным (полярный день, полярная ночь). В целом различия в величине инсоляции должны формировать температурную составляющую климата. На самом деле формирование температурного режима происходит, главным образом, под влиянием атмосферной циркуляции воздуха (ветров) и сильно зависит от рельефа

местности. Например, различной инсоляции подвергаются склоны разной экспозиции, обычно хорошо выражен и высотный градиент температур.

Другим фактором, очевидным образом влияющим на биоту, являются атмосферные осадки, их интенсивность, форма выпадения, сезонная и долговременная неравномерность. Зоны с различным увлажнением формируются как результат многолетней динамики переноса воздушных масс. На конфигурацию зон (перенос воздушных масс) оказывают влияние крупные орографические структуры (горные хребты). Наблюдается и высотный градиент – нарастание величины осадков с высотой местности. Для горных массивов характерна большая мозаичность биотопов, которая формируется под воздействием высотного изменения температур и осадков, экспозиции горных систем по отношению к преобладающему направлению переноса воздушных масс, склонов по отношению к солнцу, образования микроклиматических зон (котловин).

Для проявления зональности весьма критичным является повторяемость экстремальных климатических факторов: сильные морозы, засухи, наводнения и т.п. Такие факторы могут быть главным лимитирующим фактором элиминирования вселившихся тем или иным способом видов из зон, где такие экстремальные факторы не действуют, либо их повторяемость настолько мала, что данная зона каждый раз успевает заселиться из зоны с еще более благоприятным климатом.

Все эти факторы определяют актуальность проблемы изучения зональности в распределении флоры и фауны конкретного региона. Выявление закономерностей зонального распределения растений и животных позволяет не только более точно определять области распространения существующих видов, но и оценивать их численность, отслеживать динамику трансграничных взаимодействий, предсказывать направления изменения видового состава и численности, в том числе происходящие под влиянием антропогенного фактора.

Для данной работы в качестве модельной группы нами выбраны мелкие млекопитающие, что обусловлено следующими причинами:

- мелкие млекопитающие способны быстро наращивать свою численность (иногда на порядки) и быстро расселяться, поэтому изменения могут быть зарегистрированы в течение относительно короткого промежутка времени;
- состояние популяций мелких млекопитающих напрямую связано с экзогенными факторами (климатическими циклами, кормовой продуктивностью, экстремально низкими/высокими температурами, дефицитом/избытком осадков), т.е. зависит от тех же факторов, что и проявление зональности;
- мелкие млекопитающие – неотъемлемый компонент любого естественного ценоза и поэтому могут считаться хорошими эдификаторами природных зон. В отличие от крупных млекопитающих они распространены повсеместно, поэтому данные по ним обычно репрезентативнее.

Попытки оценить зональность в распределении млекопитающих Монголии предпринимались многими авторами (Г.И. Радде, А.М. Формозов, А.Г. Банников), их взгляды подробно рассмотрены в работе Е.Н. Матюшкина (Матюшкин, 2005). В качестве фактора, обуславливающего зональное распределение грызунов в Монголии, могла выступать их экология, принадлежность к той или иной жизненной

форме (Банников, 1947), история расселения, особенности ландшафта. Однако при описании феномена зональности фаун Монголии зоогеографические границы или принадлежность каждой точки к той или иной зоне определялись авторами, как правило, визуально, на основании собственного опыта. Понятно, что охватить такой большой регион сплошными обследованиями невозможно. Кроме того, как отмечал А.Н. Формозов (1928), для Монголии характерны нарушения правильного зонального распределения животных. Иначе говоря, чтобы разобраться в зональной дифференциации природы Монголии и использовать эти данные, например, для построения зоогеографических карт или отслеживания трансграничных взаимодействий, необходимо какое-то подобие формализованного подхода, построение прогностической модели.

Целью данного исследования было на основе зоогеографического обследования фаун мелких млекопитающих от северной до южной границы Монголии разработать количественные методы выявления зональности их распределения.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Маршрутные учеты проводили от южной Гоби до северной границы Монголии и южной Бурятии в летние месяцы 2003 – 2005 гг. В каждой географической точке отрабатывали максимальное количество биотопов в течение 1 – 5 суток. Если было возможно, некоторые точки повторяли в последующие годы. Материал для исследования добывался живоловками и давилками (ловушки Геро), которые расставляли в линии по 25 – 50 штук. Отловленных животных определяли до вида. При обработке данных сведения, которые были получены в одной и той же точке в разные годы, суммировались. Если точки, в которых в разные годы производили исследования были географически и биотопически близки, данные по ним также объединялись. Точки с малыми выборками (менее трех особей независимо от вида) из исследования исключались как недостоверные.

Таким образом, было сформировано 37 точек, для которых имелись сведения о числе видов мелких млекопитающих и долях их численности от общего числа пойманных животных.

На первом этапе измеряемым параметром служили только данные о числе видов, зарегистрированных в данной точке. Применили метод многомерного шкалирования, определяя меру сходства видового состава по формуле

$$2c/a+b,$$

где c – число общих видов для каждой пары точек, a и b – общее число зарегистрированных видов в точке a и b соответственно.

Вычисление $A-E$ -градиента (*arbor* – дерево, *eremus* – пустыня). Ранее метод применялся только к изучению фаун урбанизированных территорий (Клауснитцер, 1990; Тихонова и др., 1997, 2001). В указанных работах градиент перехода вычислялся из разности индексов «карбореальности» и «опустыненности». Для этого сначала методом авторской экспертной оценки выбирались эталонные биотопы – «лесной» и «пустынный», и далее расчет проводили относительно этих «эталонных фаун»:

$$G_{AEi} = I_{Ai} - I_{Ei},$$

где I_{Ai} – индекс арбореальности, $I_{Ai} = (\sum P_{ij} \cdot P_{Aj} / \sum (P_{Aj})^2)$, P_{ij} и P_{Aj} – доля j вида соответственно на данной территории и лесной площади; I_{Ei} – индекс «опустыненности», $I_{Ei} = (\sum P_{ij} \cdot P_{Ej} / \sum (P_{Ej})^2)$, P_{ij} и P_{Ej} – доля j вида соответственно на данной площади и лесной площади.

В нашей работе мы предприняли попытку применить индексы A - E -градиента для зоогеографических исследований на обширных естественных территориях, поскольку целью работы было выявление перехода от лесных сообществ через многолетние луговые сообщества к пустынным при продвижении с севера на юг. Кроме того, мы использовали иной метод определения эталонных территорий (на наш взгляд, более объективный).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

С нашей точки зрения недостатком ранее применявшихся подходов к вычислению A - E -градиента было то, что выбор эталона производился экспертным путем. Суть нашего подхода состояла в том, что в качестве эталона должны быть выбраны совокупности точек, демонстрирующие максимальные различия в составе фаун, чтобы не быть априорно связанным с зональными привязками исследованных территорий. Иначе говоря, чтобы зоны (если они есть) выделялись бы естественным путем. Сделать это можно было, оценив сходство видового состава

мелких млекопитающих в выбранных нами 37 точках. На осях полярной ординации, построенной по степени сходства видового состава (рис. 1), ясно выделяются две группы с наиболее плотным расположением точек, которые в то же время наиболее удалены друг от друга, демонстрируя минимальное подобие видового состава. В первую группу вошло 6 точек, расположенных по обе стороны от Монгольского и Гобийского Алтая

(Бигер, Бон-Цаган-Нур, Орог-Нур, Байдраг-Гол, Баян-Торой и Эхийн-Гол). Ядро второго кластера образовали точки Чикой, Дырестуй, Ичетуй, Петропавловка (все – в приграничной зоне Бурятии), а также Орхон и Сайхин (географически ближайшие к Бурятии из обследованных в Северной Монголии точек). При анализе географического расположения в соответствии с принятой зональной классифика-

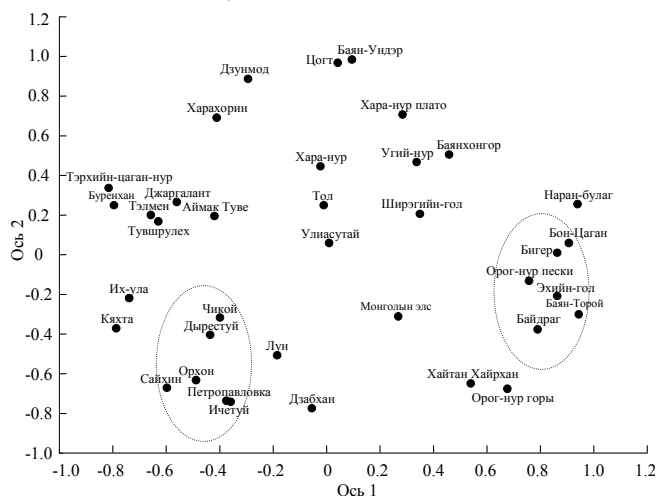


Рис. 1. Распределение в пространстве двух осей мер сходства видового состава фаун мелких млекопитающих

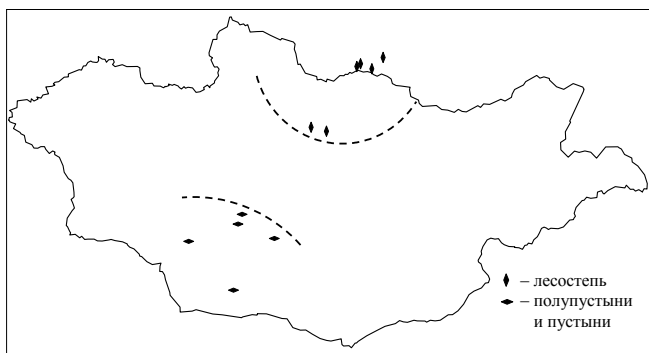


Рис. 2. Пространственная локализация зональных кластеров. Показаны точки, принятые за эталоны лесостепи и полупустыни (пустыни). Пунктиром обозначены границы выделенных зон

были выбраны перечисленные выше точки.

На рис. 3 графически отражены величины I_A и I_E для каждой исследованной точки на основе соотношения долей доминирующих видов. Величина коэффициента отражена площадью кружка. Видно, что практически любую точку можно

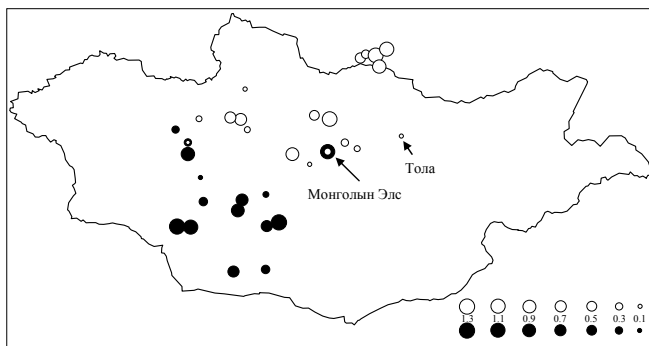


Рис. 3. Пространственная локализация точек с приписанными значениями индексов I_A (белые кружки) и I_E (черные)

однозначно отнести либо к лесостепному, либо к пустынному типу. Иначе говоря, по соотношению долей доминирующих видов, которые характеризуются коэффициентами I_A и I_E , образовались две географические группы точек: одна, расположенная к западу и югу от Хангая (пустынная, полупустынная зоны), остальные — к северу от Хангая (лесостепная зона), и лишь немногие из них имеют высокую степень подобия одновременно обоим эталонам. Одна из этих точек обозначена как Монголын-Элс ($47^{\circ}24'00''$ с.ш., $103^{\circ}39'50''$ в.д.), с высоким показателем I_A , но также сохраняющая, хотя и в меньшей мере, подобие окружающей зональной фауне (за счет недоминирующих видов). Данное явление можно трактовать как присутствие в интразональном песчаном массиве характерных для пустынь псаммофильных видов. Восточнее, в интразональных песках по правому берегу р. Тола (к югу от посёлка Лун — $47^{\circ}36'60''$ с.ш., $105^{\circ}03'90''$ в.д.), исторически пустынные псаммофильные виды отсутствуют, их экологически замещают зонально степные виды.

цией мы охарактеризовали первую группу как лесостепную, вторую — как пустынную (рис. 2).

Однако данные только о видовом составе позволяют только грубо оценить принадлежность точки к той или иной зональной группировке. Более объективно сделать это можно, учитывая долевое соотношение видов и привязав их к эталонам, в качестве которых

Данный пример позволяет обоснованно утверждать значимость песчаных массивов как интразональных местообитаний псаммофильных видов за пределами полупустынной и пустынной зон. Отсутствие территориально географического смежества с аналогичными биотопами полупустынной и пустынной зоны в настоящее время позволяет предполагать, что фауна Монголын Элс сформировалась в период большей аридности климата, когда произошел зональный сдвиг полупустынных и пустынных сообществ. Внешне биотопы вдоль р. Тола выглядят похоже, но сходства с полупустынными и пустынными сообществами здесь не выявлено. Данные биотопы сформировались, вероятно, в более позднее время, либо они более удалены от границ с зоной полупустыни. В пользу изоляции говорит и существование мощной пойменной долины, препятствующей миграции псаммофильных видов.

Таким образом, в данной работе впервые для выделения зон в распределении мелких млекопитающих и оценки подобия фаун был применен метод расчета индексов подобия «лесному» и «пустынному» сообществу подобно вычислению *A-E*-градиента, ранее применявшегося Клауснитцером к беспозвоночным города (Клауснитцер, 1990) и нами при анализе антропогенных воздействий к фауне мелких млекопитающих (Тихонова и др., 2001). Из этого метода были взяты только расчеты индексов, без использования собственно *A-E*-градиента, что было продиктовано следующими соображениями. Поскольку нашей целью было установление зональных эффектов, близкое к нулю значение могло возникать как в результате высокой меры подобия эталонам, что свидетельствует о переходном (смешанном) составе фаун, так и в случае низкого подобия обоим эталонам. Это говорило бы о принадлежности к иному зональному сообществу, отличному от эталонных. Помимо этого градиент рассчитывался только для двух эталонов, тогда как вычисление индексов в принципе возможно для любого количества эталонов (например, можно вычислять подобие горным или влажным типам биотопов и др.). В отличие от авторов метода мы использовали метод многомерного шкалирования, что позволило выявить компактные в пространстве признаки группы точек, принятых за эталоны, уменьшив тем самым влияние субъективного подбора. После выделения эталонных совокупностей *A-E*-градиента использовали весь массив данных. Это позволило определить степень сродства каждой точки выбранным эталонам. Большинство точек оказалось привязанным к одному из них, тогда как промежуточных вариантов было мало. Это свидетельствует о том, что в данном регионе степь как выраженная зоогеографическая зона фактически отсутствует. К такому же выводу, но только на основании визуальных наблюдений и сопоставлений, приходит Е.Н. Матюшкин, говоря, что в Монголии «распространение степных экосистем носит отчетливо зональный характер лишь в восточной наименее гористой части страны. На стиснутых горными сооружениями равнинах Долины Озер и котловины Больших Озер господствуют уже пустынные степи» (Матюшкин, 1995).

Таким образом, предложенный метод применения индексов позволяет более объективно подойти к анализу современной фауны и истории ее происхождения. При более полном описании видового состава и обилия видов на ключевых участках мы сможем строить детальные зоогеографические карты с ареалами фоновых видов млекопитающих, где границы ареалов будут выведены с учетом физико-

географической характеристики ландшафта и широты биотопического диапазона для каждого вида.

Авторы выражают благодарность руководству Совместной российско-монгольской комплексной биологической экспедиции за организацию полевых исследований.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Программы Президиума РАН «Биологическое разнообразие» и Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 06-04-48039).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Банников А.Г. О зональном распределении жизненных форм грызунов в Монголии // Докл. АН СССР. 1947. Т. LV, вып. 8. С. 789 – 792.

Клауснитцер Б. Экология городской среды. М.: Мир, 1990. 248 с.

Матюшкин Е.Н. Зоогеографические аспекты широтно-зональной и высотно-поясной дифференциации природы Монголии // Избранные труды. М.: Т-во науч. изд. КМК, 2005. С. 191 – 218.

Матюшкин Е.Н. Население животных и закономерности его распределения // Экосистемы Монголии: распространение и современное состояние. Биологические ресурсы и природные условия Монголии. М.: Наука, 1995. Т. 39. С. 103 – 123.

Тихонова Г.Н., Тихонов И.А., Богомолов П.Л., Бодяк Н.Д., Суров А.В. Распределение мелких млекопитающих и типизация незастроенных территорий г. Москвы // Успехи современной биологии. 1997. Т. 117, вып. 2. С. 218 – 239.

Тихонова Г.Н., Тихонов И.А., Богомолов П.Л., Полякова Л.В. Распределение и численность мелких млекопитающих незастроенных территорий малого города // Зоол. журн. 2001. Т. 80, вып. 8. С. 207 – 216.

Формозов А.Н. Млекопитающие Северной Монголии по сборам экспедиции 1925 года // Предварительный отчет зоологической экспедиции в Северную Монголию в 1925 г. Л.: Изд-во АН СССР, 1928. Вып. 3. С. 1 – 144.