

УДК 631.4:634.9

А. В. Жуков¹, О. Н. Кунах², Т. М. Коновалова²
ЛАНДШАФТНЫЙ АСПЕКТ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ НИШИ СЛЕПЫШЕЙ
(SPALAX MICROPHTHALMUS GULDENSTAEDT 1770)

¹Днепропетровский государственный аграрный университет²Днепропетровский национальный университет имени Олеса Гончара

В работе на основании данных дистанционного зондирования земли с сделана характеристика экологической ниши слепышей. С помощью факторного анализа экологической ниши установлено, что целостность покрова степной растительности и обилие фитомассы способствуют активному развитию популяций слепышей. Особенности рельефа как фактора, определяющего экологическую нишу слепышей, преломляются через его влияние на фитомассу и динамику степной растительности. Показано, что антропогенное влияние является причиной маргинализации экологической ниши слепышей. Наиболее благоприятная область для этого вида смещена на склоны балок и байраков, непригодных для хозяйственного использования человеком.

Ключевые слова: факторный анализ экологической ниши, дистанционное зондирование земли, педотурбационная активность

О. В. Жуков¹, О. М. Кунах², Т. М. Коновалова²
ЛАНДШАФТНИЙ АСПЕКТ ЕКОЛОГІЧНОЇ НІШІ СЛІПАКІВ
(SPALAX MICROPHTHALMUS GULDENSTAEDT 1770)

¹Дніпропетровський державний аграрний університет²Дніпропетровський національний університет імені Олеса Гончара

У роботі на підставі даних дистанційного зондування землі охарактеризовано екологічну нішу сліпаків. За допомогою факторного аналізу екологічної ніші встановлено, що цілісність покриву степової рослинності й багатство фітомаси сприяють активному розвитку популяцій сліпаків. Особливості рельєфу як фактору, що визначає екологічну нішу сліпаків, переломлюються через його вплив на фітомасу й динаміку степової рослинності. Показано, що антропогенний вплив є причиною маргіналізації екологічної ніші сліпаків. Найсприятливіша область для цього виду зміщена на схили балок і байраків, непридатних для господарського використання людиною.

Ключові слова: факторний аналіз екологічної ніші, дистанційне зондування землі, педотурбаційна активність

A.V. Zhukov¹, O. N. Kunah², T. M. Konovalova²
LANDSCAPE ASPECT OF THE MOLE RATS (SPALAX MICROPHTHALMUS
GULDENSTAEDT 1770) ECOLOGICAL NICHE

¹Dnipropetrovsk State Agrarian University²Oles Gonchar Dnipropetrovsk National University

The characteristic of mole rats ecological niche has been made on the basis of the data of earth remote sensing. With the help of the ecological niche factor analysis it was established, that integrity of a cover of steppe vegetation and an abundance of phytomass promote active development of mole rats populations.

Also the attention is paid to such feature, that the ecological conditionality of the specialization of mole rats digging activity depends on time of the year: the indices are grouped according the month attribute, when the picture has been made. It should be noted that the ecological niche of mole rats is



conjugated with steppe vegetation that is characterized by considerable seasonal variation of structure, abundance, and habit. This is why the description of ecological niche of mole rats as the component of steppe environment in terms of digital image could be done as combination of seasonal features, rather than relative constant image during vegetation period. Relief patterns as the factor determining the ecological niche refract through its influence on phytomass and steppe vegetation dynamics. It is shown that anthropogenic influence was the reason of ecological niche marginalization. The optimum area for this species has been displaced on slopes of beams and bayracks that are unsuitable for human economic activity.

Key words: ecological niche factor analysis, Earth remote sensing, pedoturbation

Порои слепышей являются очевидным свидетельством активности этих животных и надежным маркером территории, оптимальной для жизнедеятельности. Интенсивность пороев указывает на степень предпочтения того или иного местообитания слепышами. Местообитание характеризуется наличием на некоторой территории ресурсов и условий для данного вида, в результате чего становится возможной заселенность этой территории, включая его выживание и размножение (Hall et al., 1997). Целью изучения выбора местообитаний видами состоит в выявлении характеристик окружающей среды, которые делают место пригодным для существования вида (Calenge, 2006).

Экологическая ниша является полезной моделью для описания выбора местообитаний видом. Хатчинсон (Hutchinson, 1957) определяет экологическую нишу как гиперобъем в многомерном пространстве, определяемом переменными окружающей среды, где вид потенциально может поддерживать жизнеспособность популяций. Особенности экологической ниши слепышей можно рассматривать на различных масштабных уровнях: отдельного порою (Коновалова, 2010; Пахомов и др., 2010а; Кунах и др., 2011), скопления пороев протяженностью несколько десятков метров (Жуков и др., 2010; Пахомов и др., 2010б). Важным аспектом экологической ниши слепышей можно считать ландшафтный уровень, на котором можно оценить характер влияния рельефа, особенностей почвенного и растительного покрова, а также хозяйственной деятельности человека на пространственное распределение педотурбационной активности этих землероев.

Порои слепышей можно отнести к категории данных «только присутствия». Теоретически, различие между местообитанием и не-местообитанием становится очевидным при сравнении композиции свойств окружающей среды участков, где вид встречается с участками, где вид отсутствует. Однако, участки, где вид отсутствует, выявить сложно. Вид в данном участке может быть не установлен из-за несовершенства методики учета. Вид может отсутствовать в данном участке по историческим причинам. Не только свойства окружающей среды могут определять местообитание. Поэтому анализ выбора местообитаний часто состоит в сравнении участков, где вид встречен со всеми доступными участками. Эти идеи составляют главную идею факторного анализа экологической ниши. В основе факторного анализа экологических ниш лежит предположение о том, что виды распределены неслучайно относительно экогеографических переменных (Hirzel et al., 2002). Интересующий вид может характеризоваться некоторой маргинальностью (что выражается в отличии видового среднего от глобального среднего значения экогеографической переменной) и некоторой специализацией (что проявляет себя в том, что видовая дисперсия меньше глобальной дисперсии).

Целью настоящей работы является описание экологической ниши слепышей на ландшафтном уровне в терминах факторного анализа экологической ниши с помощью экогеографических переменных, определенных по данным дистанционного зондирования Земли.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Территория исследования представляет собой прямоугольник, который находится восточнее линии, соединяющей с. Любимовка и Первое мая (Днепропетровская область). Левый нижний угол прямоугольника имеет координаты 35°10'13,89"N 35°10'13,89"E, протяженность в восточном направлении (ширина) равна 4600 м, в северном направлении (высота) – 5300 м. В пределах изучаемой территории находится байрак Яцев яр с лесной растительностью, овражно-балочная система со степной растительностью на склонах и луговой и лугово-болотной растительностью – в тальвеге. Водораздельное плато занято сельхозугодьями, искусственными лесными полосами и садами.

Учет пороев слепышей производился маршрутным методом в весной–осенью 2010 года. Координаты пороев определялись с помощью GPS-навигатора. Всего было зафиксировано 4748 пороев.

В настоящей работе использованы материалы с расширенного тематического картографического сканера (Enhanced Thematic Mapper Plus – ETM+), установленного на спутнике Landsat 7 (<http://gfcf.umiacs.umd.edu/data>). Снимки земной поверхности проведены в различные месяцы: апрель (17 апреля 2003 г.), июнь (3 июня 2006 г.) и август (21 августа 2000 г.).

Мультиспектральные сканеры спутников Landsat позволяют оценить величину отраженной радиации в полосе длин волн 450 – 2350 нм с пространственным разрешением 28.5×28.5 м на местности (съёмочные каналы 1 – 5, 7) и температурным шестым каналом 10120 –14500 нм с разрешением 57×57 м (шестой съёмочный канал), охватывая таким образом большую часть спектра солнечной радиации. Съёмка осуществляется в семи спектральных диапазонах (каналах) (условные обозначения – **B1–B7**), соответствующих основным окнам прозрачности атмосферы, что обеспечивает оптимальное отображение энергетических характеристик для волн, длина которых соответствует максимальному восприятию деятельной поверхностью.

Наряду с прямыми значениями каналов Landsat свойства среды селективно отражаются через их соотношения/индексы (Moreno et al., 1999):

B5/B7 – глинистые отложения и горные породы, богатые глиной;

B3/B7 – дороги, селитебные земли, поля и другие антропогенные объекты;

NDVI = $(B4 - B3)/(B4 + B3)$ (нормализованный разностный индекс растительности) – чистая продукция, транспирация;

GreenNDVI = $(B4 - B2)/(B4 + B3)$ (зеленый **NDVI**) – очень чувствителен к концентрациям хлорофилла;

NDWI = $(B5 - B4)/(B5 + B4)$ (нормализованный разностный водный индекс) – содержание воды в зеленой биомассе;

NDB4B6 = $(B4 - B6)/(B4 + B6)$ – влажность поверхности;

SARVI2 = $2.5((B4 - B3)/(1 + B4 + B6B3 - 7.5B1))$ (почвенный и атмосферный устойчивый индекс) – корректирует атмосферные помехи;

GVI = $-0.42305(B4) - 0.5054(B5) + 0.25689(B6) + 0.7068(B7)$ – состояние зеленой биомассы;

$GVI = -0.42305b_4 - 0.5054b_5 + 0.25689b_6 + 0.7068b_7$ – состояние зеленой биомассы;

Для построения цифровой модели рельефа использована информация с Радарной топографической миссии шаттлов (Shuttle Radar Topography Mission – SRTM) с пиксельным разрешением 90 м. Разрешение 90 м является пригодным для анализа на мелко- и среднемасштабных уровнях, но для более детальных целей такое разрешение является очень грубым. Была проведена интерполяция цифровой модели с помощью кригинга (Grohmann, 2006). После этой операции не изменяется уровень детализации исходной модели, но получена поверхность, где имеет место когеренция угловых свойств (т.е. уклона и аспекта) между соседними пикселями (Valeriano et al., 2006), что очень важно для количественного анализа земной поверхности. На основании цифровой модели рельефа наряду с высотой над уровнем моря были оценены такие показатели, как уклон и кривизна поверхности земли, а также топографический индекс влажности.

Концепция топографического индекса влажности (*topographic wetness index* – TWI) впервые была предложена К. Бивеном и Н. Киркби (Beven, Kirkby, 1979).

Топографический индекс влажности вычисляется по формуле:

$$TWI = \ln(a / \tan \beta), \quad (1).$$

где a – дренажная площадь (площадь водосбора, рассчитанная на единицу длины замыкающего контура), β – крутизна склона (Moore et al., 1993).

Географическая информационная база данных была создана в ArcMap 9.0. Геостатистические расчеты проведены с помощью программной среды R-2.12.1 for Windows с применением библиотек *gstat*, *spatstat*, *splancs*, *adehabitat*, *rgdal*, *lattice*, *RSAGA*, *maptools*, *dismo*.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

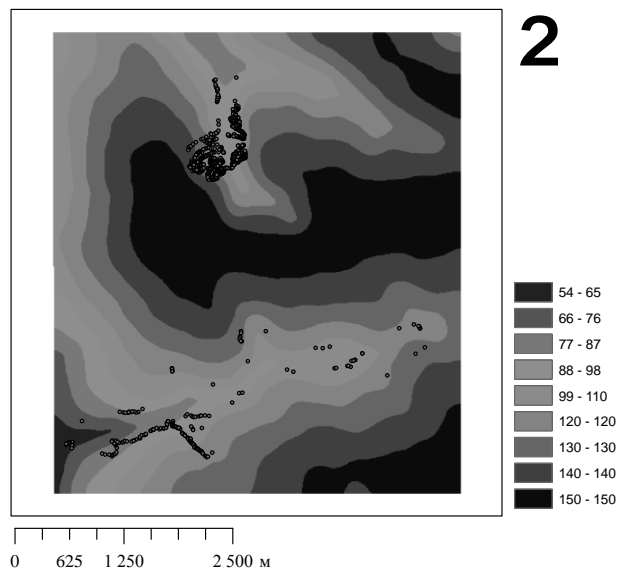


Рис. 1. Цифровая модель рельефа. Точками указаны расположение пороев слепышей. В легенде указана высота рельефа над уровнем моря в метрах.

Растровые карты переменных окружающей среды (индексы космических снимков земной поверхности, цифровая модель рельефа и производные рельефные особенности) использованы для описания экологического пространства, в пределах которого существует экологическая ниша слепышей (рис. 1–3).

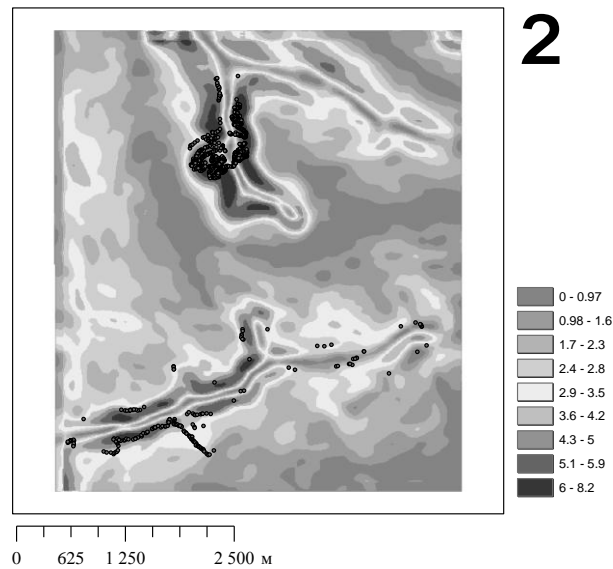


Рис. 2. Уклон рельефа (в градусах)

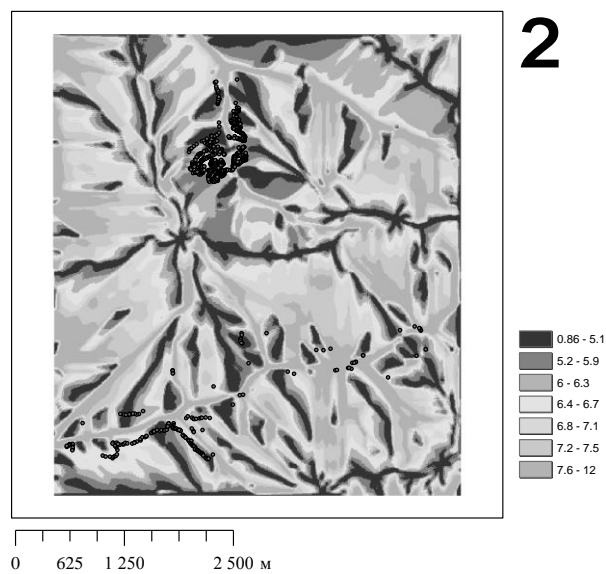


Рис. 3. Топографический индекс влажности

Предварительный анализ распределения пороев слепышей по осям экологического пространства свидетельствует об определенной селекции тех условий, которые предлагает изучаемая территория, животными (рис. 4). Изучаемая территория характеризуется разнообразием условий, что проявляется в изменчивости рельефа (перепад высот составляет 54–150 м, среднее значение – 120 м). Плакорные участки характеризуются относительно выравненной поверхностью (0–2°). Они все распаханы и на них находятся сельхозугодья или искусственные лесные полосы. На исследуемой территории находится овражно-балочная система с остатками естественной степной растительности и склонами различной степени эродированности. Эрозионные процессы в балке при отсутствии лесной растительности развиваются с большей интенсивностью, чем в байраке Яцев Яр, поэтому ширина балки значительно больше, чем байрака. Но уклон поверхности балочной системы гораздо меньше (2–8°), чем в байрачной. Крутизна склонов в байраке Яцев Яр также обусловлена выходами гранитов, где склон представлен практически отвесными стенами. В балочной системе склон западной экспозиции более крут, чем склон восточной экспозиции. В байраке склон южной экспозиции более крутой в сравнении со склоном северной экспозиции.

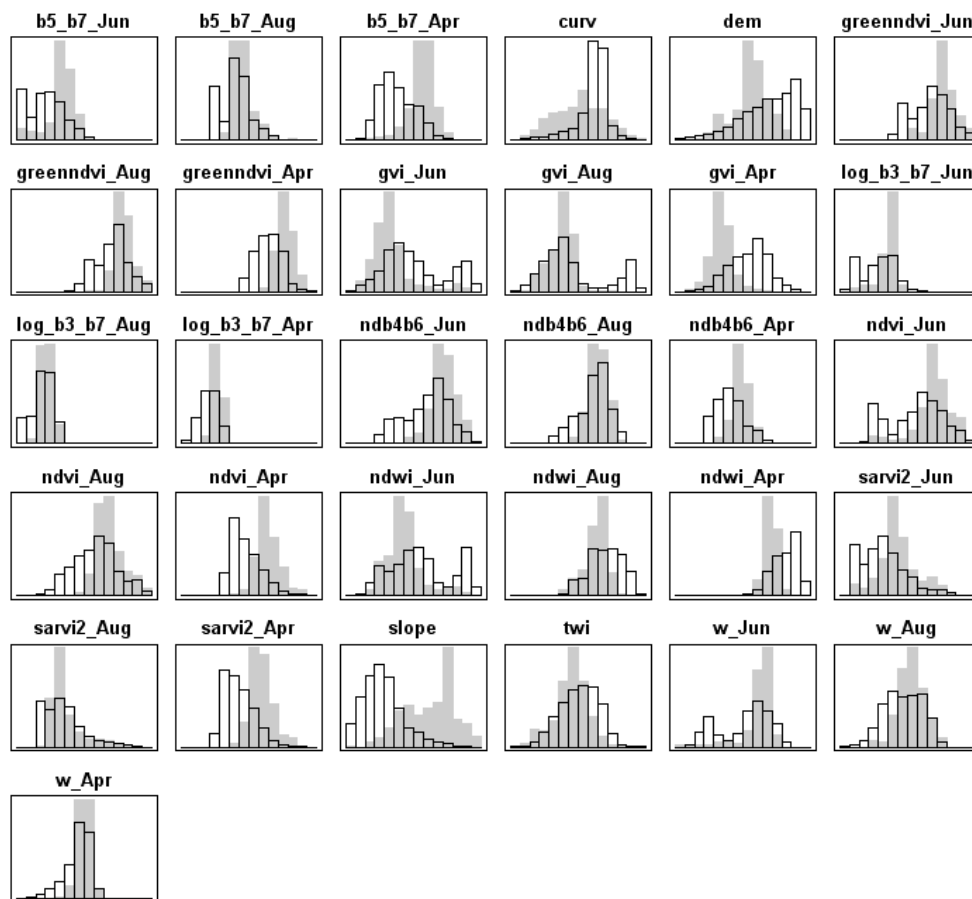


Рис. 4. Распределение ресурсов (светлые столбцы) и распределение использования ресурсов (серые столбцы) слепышами

По степени кривизны земной поверхности можно выделить участки выгнутые (позитивная кривизна) – верхние трети склонов, вогнутые (негативная кривизна) – нижние трети склонов и тальвеги и участки нейтральной кривизны (перегибы в средней части склонов и плакор).

Топографический индекс влажности отражает сложную картину перераспределения осадков на изучаемой территории. Можно выделить водораздельные участки с очевидным дефицитом влаги вследствие локальных максимумов высоты земной поверхности. Дефицит влаги также наблюдается на крутых склонах байрака и балок. Тальвеги и участки плакора, прилегающие к водораздельным перегибам характеризуются относительно лучшей влагообеспеченностью.

На первом этапе исследования мы применили процедуру FANTER для сравнения распределения локалитетов пороев слепышей (распределение использования ресурсов) с распределением доступных ресурсов в экологическом пространстве. При анализе FANTER важные значения имеют оси пространства, которым соответствуют как наибольшие, так и наименьшие собственные числа. Для выделения необходимого числа осей используют критерий резкого перегиба столбчатой диаграммы собственных чисел. Так как значения имеют и минимальные собственные числа, то имеет смысл построить диаграмму с обратными значениями собственных чисел (рис. 5).

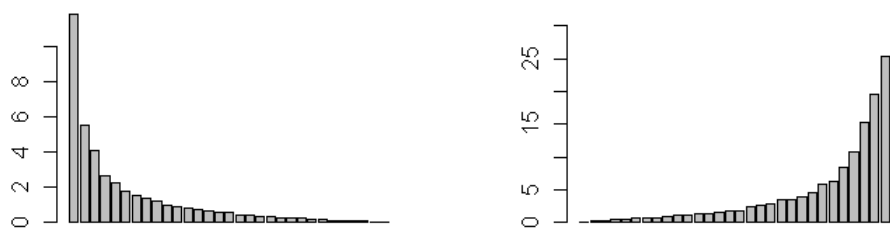


Рис. 5. Столбчатая диаграмма распределения значений собственных чисел (слева) и обратных значений собственных чисел (справа) анализа FANTER

Рассмотрение рисунка 5 позволяет выделить первых две и последние четыре компоненты (фактора) анализа FANTER. Значимость собственных чисел была проверена с помощью рандомизированного теста (были сгенерированы 200 случайных выборок для которых рассчитаны собственные числа). Тест подтвердил значимость собственных чисел ($\gamma_1 = 11,84, p < 0,05$; $\gamma_2 = 5,53, p < 0,099$; $\gamma_{28} = 0,07, p < 0,001$; $\gamma_{29} = 0,05, p < 0,001$; $\gamma_{30} = 0,04, p < 0,001$; $\gamma_{31} = 0,03, p < 0,001$).

Первая компонента наиболее коррелирована с уклоном рельефа ($R = 0,70$), а также со значениями многих индексов космического снимка, сделанного в апреле. Прежде всего, это индексы **B5/B7** ($R = 0,42$), **NDVI** ($R = 0,41$), **GreenNDVI** ($R = 0,36$), **GVI** ($R = -0,39$), **SARVI2** ($R = 0,41$) (рис. 6).



Совокупность этих показателей четко индицирует склоны балок со степной растительностью различной степени эродированности. Именно на эти участки вытеснена зона наибольшей активности слепышей.

Вторая компонента наиболее коррелирована с кривизной земной поверхности ($R = -0,44$) и индексами космических снимков, сделанных в июне и апреле. Если сравнить факторные коэффициенты компонент 1 и 2, за исключением коэффициентов уклона и кривизны земной поверхности, то коэффициент корреляции Спирмена между ними составит 0,72 ($p < 0,05$).

Таким образом, первые две компоненты анализа FANTER отражают одну и ту же тенденцию маргинальности распределения пороев слепышей. Различия между компонентами имеют временной характер – компонента 1 отражает ранневесенний аспект, а компонента 2 – раннелетний. Очевидно, что в весенний и раннелетний периоды интенсивность роющей активности слепышей связана с обилием степной растительности.

Об этом свидетельствует сильная позитивная корреляция первых двух компонент с вегетационными индексами (**NDVI**, **GreenNDVI**) и отрицательная корреляция с индексом **NDWI**, который характеризует степень насыщенности фитомассы водой. Очевидно, что обильная фитомасса с относительно низкой влажностью – это степная растительность.

В апреле степная растительность наиболее обильна на прогреваемых склонах балок, что обуславливает значительную роль уклона земной поверхности для компоненты 1.

В июне лимитирующим фактором обилия является влага, поэтому обилие растительности связано с нижними третями склонов балок с отрицательной кривизной поверхности (вогнутые склоны, аккумулирующие влагу). Поэтому велика роль показателя кривизны в количественной характеристике компоненты 2.

Факторная карта в пространстве первых двух компонент анализа FANTER свидетельствует о негомогенном характере экологической ниши, которая представлена двумя облаками использованных ресурсов. Одно центральное облако характеризуется отсутствием маргинальности и высокой специализацией.

Второе облако крайне маргинально и занимает область, которая маркируется показателями высокого уклона и кривизны рельефа. Очевидно, что немаргинальное облако обозначает тот факт, что слепыши являются обитателем степных зональных сообществ, но способны активно проникать в интразональные байрачные и аazonальные лугово-степные луговые сообщества в балках.

Поэтому экологическая ниша данного вида занимает центральное положение в экологическом пространстве региона. Однако в результате сильного антропогенного влияния слепыши стали маргиналами и основная часть их экологической ниши смещена на периферию экологического пространства.

В условиях современных реалий степной зоны наибольшая плотность популяций слепышей и их педотурбационная активность сосредоточена на склонах балок. Наибольшая степень маргинальности наблюдается при заселении слепышами крутых вогнутых склонов овражно-балочных систем региона.

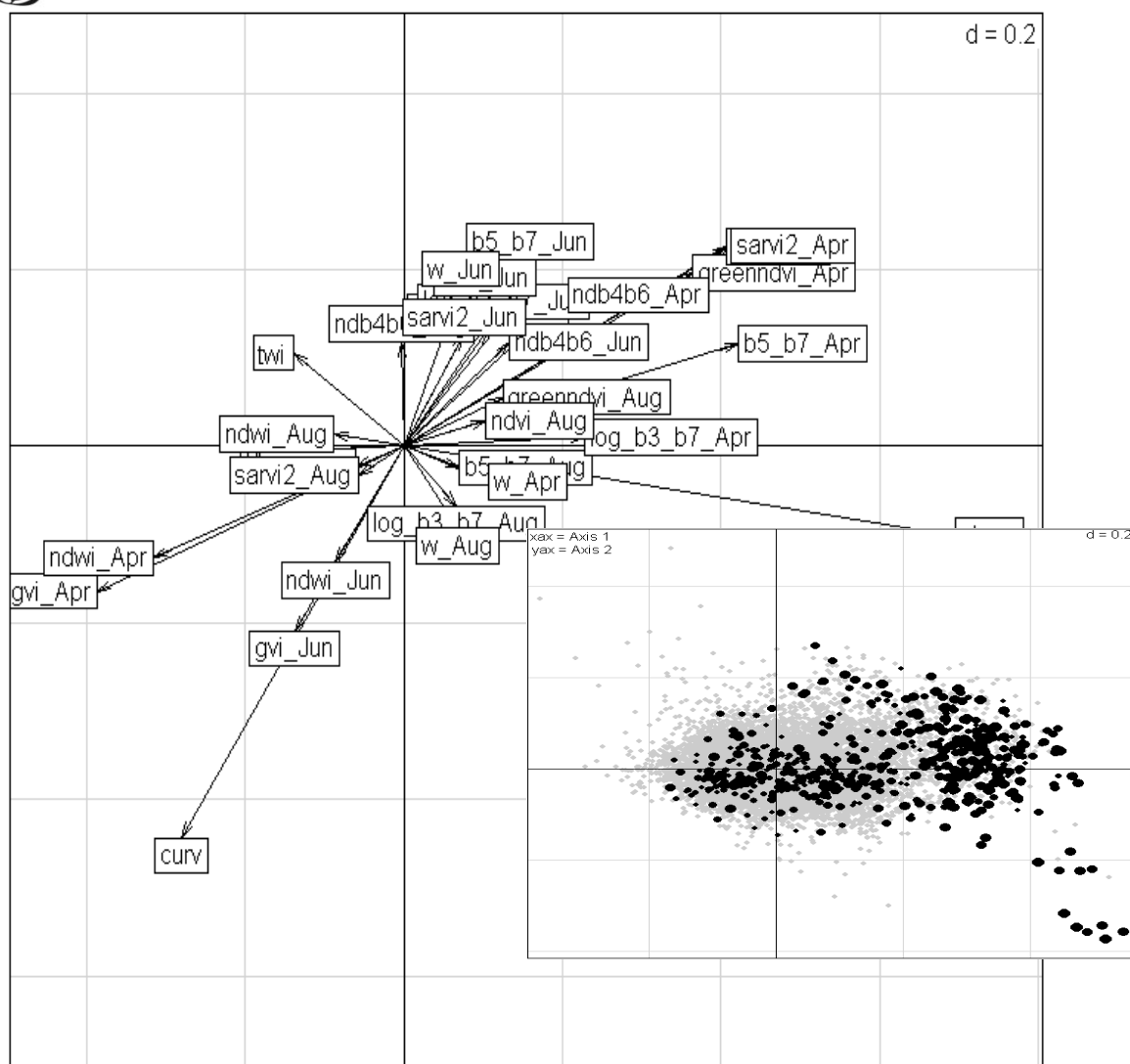


Рис. 6. Корреляция между переменными окружающей среды и компонентами 1 и 2 анализа FANTER. Справа внизу – диаграмма рассеяния доступных (серые точки) и использованных (черные точки) ресурсов в пространстве первых двух компонент анализа FANTER.

На плакорных участках вследствие разрушения естественных степных зональных группировок после распашки исчезли благоприятные условия для жизни этих почворойных млекопитающих. В овражно-балочных системах выпас скота является также существенным негативным фактором, ограничивающим плотность популяций слепышей. Поэтому уклон рельефа стал информационно ценным индикатором экологической ниши слепышей.

Последние компоненты анализа FANTER имеют значение как показатели особенностей специализации экологической ниши (рис. 7).

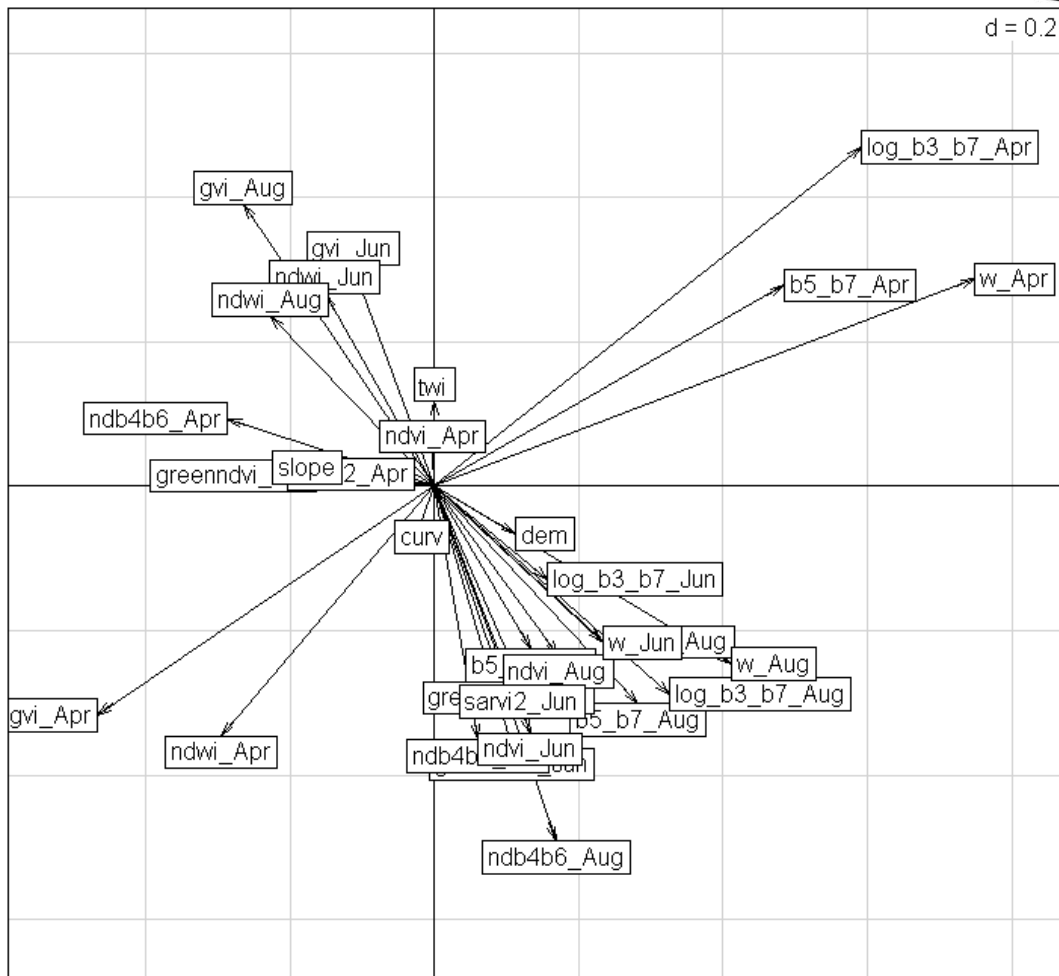


Рис. 7. Корреляція між перемінними оточуючої середовища та компонентами 28 і 29 аналізу FANTER

Важний аспект спеціалізації роючої активності слепишів відображають спектральні індекси **B5/B7** і **B3/B7**. Індекс **B5/B7** вказує на глинисті відкладення і горні породи, багаті глиною. Канал **B5** чутливий до вологості ґрунту і рослинності, а канал **B7** – до вологості рослинного покриву. Індекс **B3/B7** індицирує дороги, селищні землі, поля і інші антропогенні об'єкти. Червоний канал **B3** є зоною абсорбції хлорофіла. Застосовуючи до реалій досліджуваного регіону, ці показники можуть розглядатися як індикатори ступеня еродованості території. Очевидно, тільки в вузькому діапазоні еродованості рельєфу слепиші можуть проявляти найвищу ступінь своєї педотурбаційної активності.

Також звертає на себе увагу така особливість, що екологічна обумовленість спеціалізації роючої активності слепишів залежить від часу року: показники групуються переважно за ознакою того місяця, коли було зроблено знімок. Необхідно зазначити, що екологічна ніша слепишів сопряжена

со степной растительностью, для которой характерна значительная сезонная изменчивость структуры, обилия и внешнего облика. Поэтому описание экологической ниши слепышей как составляющей степного окружения в терминах цифрового изображения возможно как комбинация совокупности сезонных особенностей, а не как относительно константный в течение вегетационного периода образ.

ВЫВОДЫ

1. Целостность покрова степной растительности и обилие фитомассы способствуют активному развитию популяций слепышей.
2. Особенности рельефа как фактора, определяющего экологическую нишу слепышей, преломляются через его влияние на фитомассу и динамику степной растительности.
3. Антропогенное влияние является причиной маргинализации экологической ниши таких степантов, как слепыши в условиях степной зоны. Наиболее благоприятная область для этого вида смещена на склоны балок и байраков, непригодных для хозяйственного использования человеком.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- Жуков А. В., Кунах О. Н., Коновалова Т. М.** Фодересфера слепышей (*Spalax microphthalmus*) // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – Донецк: ДонНУ, 2010. – Вып. 10, № 1 – С. 105–123.
- Коновалова Т. М.** Оценка педотурбационной активности слепыша на участке рекультивации земель, нарушенных горнодобывающей промышленностью // Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету. – 2010, № 2. – С. 30–33.
- Кунах О. Н., Коновалова Т. М., Прокопенко Е. В.** Влияние педотурбационной активности слепыша (*Spalax microphthalmus*) на целлюлозолитическую активность и электрическую проводимость почвы // Вісник Донецького національного університету. Сер. А: Природничі науки, 2011, № 11. – С. 151–155
- Пахомов А. Е., Коновалова Т. М., Жуков А. В.** ГИС-подход для оценки изменчивости электропроводности почвы под влиянием педотурбационной активности слепыша (*Spalax microphthalmus*) // Вісник Дніпропетровського університету. Біологія. Екологія. – 2010. – Вип. 18, т. 1. – С. 58–66.
- Пахомов А. Е., Кунах О. Н., Коновалова Т. М., Жуков А. В.** Пространственная организация системы пороев слепыша *Spalax microphthalmus* // Экосистемы, их оптимизация и охрана. – 2010. – Вып. 2(21). – С. 106–117.
- Beven K., Kirkby N.** A physically based variable contributing area model of basin hydrology // Hydro. Sci. Bull. – 1979. – P. 43–69.
- Calenge C.** The package adehabitat for the R software: a tool for the analysis of space and habitat use by animals // Ecological modeling. – 2006. – Vol. 197. – P. 516–519.
- Grohmann C. H.** Resampling SRTM 03"- data with kriging // GRASS/OSGeo-News. – 2006. – Vol. 4. – P. 20-25.
- Hall L., Krausman P., Morrison, M.** The habitat concept and a plea for standard terminology // Wildlife Society Bulletin. – 1997. – Vol. 25. – P. 173–182.
- Hirzel A. H., Guisan A.** Which is the optimal sampling strategy for habitat suitability modeling // Ecological Modelling. – 2002. – Vol. 157(2-3), – P. 331–341.



Hutchinson G. E. Concluding remarks // Cold Spring Harbour Symposium on Quantitative Biology – 1957. – Vol. 22. – P. 415–427.

Moore I., Gessler P., Nielsen G., Peterson G. Soil attribute prediction using terrain analysis // Soil Sci. Soc. Am. J. – 1993. – Vol. 57. – P. 443–452.

Moreno J.F. et al. Analysis, Investigation and Monitoring of Water resources, for the management of multi-purpose reservoirs // Survey of Remote Sensing Data Analysis Methods. Contract № ENV4-CT98-0740 Version 1.0, WP 3100 - EO Signal Analysis Methods. – 1999. [http://dataserv.cetp.ipsl.fr/AIMWATER/reports/EOsurvey_report.pdf]

Valeriano M. M., Kuplich T. M., Storino M., Amaral B. D., Mendes J. N., Lima D. J. Modeling small watersheds in Brazilian Amazonia with shuttle radar topographic mission-90m data // Computers and Geosciences. – 2006. – Vol. 32. – P. 1169 – 1181.

REFERENCES

Zhukov A.V., Kunakh O.N., Konovalova T.M. Foderesphere of mole rat (*Spalax microphthalmus*) // Problems of ecology and nature conservation of technological region. – Donetsk: DonNU, 2010. – Issue 10. - 1. – P. 105–123. [in Russian]

Konovalova T. M. Estimation of pedoturbation of mole rat at reclamated lands destroyed by mining industry // Bulletin of Dnipropetrovsk State Agrarian University. – 2010. - 2. – P. 30–33. [in Russian]

Kunakh O.N., Konovalova T.M., Prokopenko Ye.V. Influence of pedoturbation of mole rat (*Spalax microphthalmus*) on soil cellulolytic activity and electrical conductivity // Bulletin of Donetsk National University. Ser. A: Life Sciences, 2011. - 11. – P. 151–155. [in Russian]

Pakhomov A.Ye., Konovalova T.M., Zhukov A.V. GIS approach for assessment of soil electrical conductivity fluctuation under influence of pedoturbation of mole rat (*Spalax microphthalmus*) // Bulletin of Dnepropetrovsk University. Biology. Ecology. – 2010. – Issue 18. - Vol. 1. – P. 58–66. [in Russian]

Pakhomov A.Ye., Kunakh O.N., Konovalova T.M., Zhukov A.V. Spatial patterns of mounds of mole rat *Spalax microphthalmus* // Ecosystems, their optimization and conservation. – 2010. – Issue 2(21). – P. 106–117. [in Russian]

Beven K., Kirkby N. A physically based variable contributing area model of basin hydrology // Hydro. Sci. Bull. – 1979. – P. 43–69.

Calenge C. The package adehabitat for the R software: a tool for the analysis of space and habitat use by animals // Ecological modeling. – 2006. – Vol. 197. – P. 516–519.

Grohmann C. H. Resampling SRTM 03"- data with kriging // GRASS/OSGeo-News. – 2006. – Vol. 4. – P. 20–25.

Hall L., Krausman P., Morrison, M. The habitat concept and a plea for standard terminology // Wildlife Society Bulletin. – 1997. – Vol. 25. – P. 173–182.

Hirzel A. H., Guisan A. Which is the optimal sampling strategy for habitat suitability modeling // Ecological Modelling. – 2002. – Vol. 157(2-3), – P. 331–341.

Hutchinson G. E. Concluding remarks // Cold Spring Harbour Symposium on Quantitative Biology – 1957. – Vol. 22. – P. 415–427.

Moore I., Gessler P., Nielsen G., Peterson G. Soil attribute prediction using terrain analysis // Soil Sci. Soc. Am. J. – 1993. – Vol. 57. – P. 443–452.



Moreno J.F. et al. Analysis, Investigation and Monitoring of Water resources, for the management of multi-purpose reservoirs // Survey of Remote Sensing Data Analysis Methods. Contract № ENV4-CT98-0740 Version 1.0, WP 3100 - EO Signal Analysis Methods. – 1999. http://dataserv.cetp.ipsl.fr/AIMWATER/reports/EOsurvey_report.pdf

Valeriano M. M., Kuplich T. M., Storino M., Amaral B. D., Mendes J. N., Lima D. J. Modeling small watersheds in Brazilian Amazonia with shuttle radar topographic mission-90m data // Computers and Geosciences. – 2006. – Vol. 32. – P. 1169 – 1181.

© А. В. Жуков, О. Н. Кунах, Т. М. Коновалова, 2011

© A.V. Zhukov, O. N. Kunah, T. M. Konovalova, 2011

Надійшла до редколегії 15.11.2011