

УДК: 502.53: 591.521: 599.742.(43+17)

## Оценка благоприятности участка «Лес на Ворскле» государственного природного заповедника «Белогорье» для обитания хищников-норников\* Н.А.Брусенцова<sup>1</sup>, П.А.Украинский<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Национальный природный парк «Слобожанский» (Краснокутск, Украина);

<sup>2</sup>Белгородский национальный исследовательский университет (Белгород, Россия)  
n\_brusentsova@ukr.net; ukrainski@bsu.edu.ru

Изучено расположение нор лисы и барсука на участке «Лес на Ворскле» государственного природного заповедника «Белогорье». Проанализировано влияние антропогенных, биотических и абиотических факторов на их размещение. Выявленные закономерности описаны при помощи линейных регрессионных моделей. При помощи метода наименьших квадратов (МНК) создана общая для всей территории модель. При этом выявленные закономерности оказались нестабильными и варьирующими в пространстве. Для преодоления проблемы пространственной нестационарности применен метод географически взвешенной регрессии (ГВР), при помощи которого построены локальные модели для ячеек сетки 100×100 м. ГВР-модель показала себя эффективнее МНК-модели. У нее выше коэффициент детерминации и меньше величина информационного критерия Акаике. Выявленные и описанные закономерности использованы для построения карты относительной благоприятности территории для обитания лисы и барсука.

**Ключевые слова:** лисица, барсук, геоинформационные системы, «Лес на Ворскле», пространственный анализ, факторы среды.

## Оцінка сприятливості ділянки «Ліс на Ворсклі» державного природного заповідника «Білогір'я» для існування хижаків-норників Н.О.Брусенцова, П.О.Український

Проведено вивчення розташування нір лисиці та борсука на ділянці «Ліс на Ворсклі» державного природного заповідника «Білогір'я». Проаналізовано вплив антропогенних, біотичних та абіотичних чинників на їх розташування. Закономірності, які були виявлені, були описані за допомогою лінійних регресійних моделей. За допомогою методу найменших квадратів (МНК) створена загальна для всієї території модель. Закономірності, що були виявлені, виявились нестабільними та змінюються у просторі. Для подолання проблеми просторової нестационарності застосовували метод географічно виваженої регресії (ГВР), за допомогою якого побудовані локальні моделі для осередків мережі 100×100 м. ГВР-модель показала себе ефективнішою, ніж МНК-модель. У неї вищий коефіцієнт детермінації та менше значення інформаційного критерію Акаїке. Закономірності, які були виявлені та описані, були використані для побудови карти відносної сприятливості території для існування лисиці та борсука.

**Ключові слова:** лисиця, борсук, геоінформаційні системи, «Ліс на Ворсклі», просторовий аналіз, фактори середовища.

## Evaluation of the favorability of the area "Les na Vorskle" of the State Nature Reserve "Belogorye" for burrowing predators' habitat N.A.Brusentsova, P.A.Ukrainkiy

The location of the fox dens and badger setts in the area "Les na Vorskle" of the State Nature Reserve "Belogorye" has been studied. The influence of anthropogenic, biotic and abiotic factors on their location was analyzed. The identified regularities were described by means of linear regression models. Using the method of least squares (OLS) the total model for the entire territory was established. At the same time identified regularities turned out to be unstable and varied in space. The method of geographically weighted regression (GWR) was used to overcome the problem of spatial non-stationary, that was used to build local models for network of 100×100 m cells. The GWR model proved to be more efficient than the OLS model. It has a higher coefficient of determination and lower value of the Akaike information criterion. Discovered and described regularities have been used to construct maps of relatively favorable area for foxes and badgers living.

**Key words:** fox, badger, geoinformation systems, "Les na Vorskle", spatial analysis, environmental factors.

\* Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, проект 14-35-50659 мол-нр.

### Введение

Норные хищники (барсук, лисица) – территориальные животные, в высокой степени зависимые от характеристик мест обитания. Пространственная организация их популяций состоит в специфическом размещении участков отдельных семейных групп. Конфигурация и площадь семейного участка напрямую связаны с размещением подземных убежищ (Kowalczyk et al., 2004; Davison et al., 2008; Сидорчук, Рожнов, 2010; Брусенцова, 2014). Из этого следует, что существует возможность смоделировать пространственную структуру популяций хищников-норников на основе анализа факторов среды, влияющих на размещение подземных убежищ. К этим факторам относятся количество и распространение кормовых объектов, наличие удобных мест для создания убежищ, фактор беспокойства и т.д. (Руковский, 1991; Mickevičius, 2002; Kowalczyk et al., 2004; Дикий, 2004; Palphramand et al., 2007; Сидорчук, Рожнов, 2010; Biancardi et al., 2014).

Для эффективного анализа пространственных закономерностей необходимо использовать специализированные методы и подходы, которые в полной мере реализованы в геоинформационных системах (ГИС). ГИС в мире стали активно использоваться для изучения экологии животных с 1990-х годов (Gough, Rushton, 2000). В странах Европы к этому времени накопились большие массивы пространственных данных по лисице и барсуку. Их обработка требовала современных методов анализа. И потребность в таких методах была удовлетворена с внедрением ГИС. В результате появилось большое количество работ, посвященных изучению влияния факторов среды (биотических, абиотических и антропогенных) на выбор мест обитания норными хищниками (Schippers et al., 1996; Gloor, 2002; Mickevičius, 2002; Santos, Beier, 2008; Biancardi et al., 2014).

В этом ключе выполнена и представленная работа, описывающая опыт ГИС-анализа влияния факторов среды на пространственную организацию популяций барсука и лисицы на участке «Лес на Ворскле» государственного природного заповедника (ГПЗ) «Белогорье».

### Материалы и методы

Исследование проведено в 2014 году на участке «Лес на Ворскле» ГПЗ «Белогорье» (Борисовский район Белгородской области, Россия). Он представляет собой кленово-липовую нагорную дубраву площадью 1038 га (10,38 км<sup>2</sup>). С трех сторон его окружают реки: с юга и востока – Ворскла, с запада – Готня (приток Ворсклы) с притоком Локня. Возраст насаждений в основном 100–110 лет, около 160 га занимают дубравы старше 300 лет. На большей части территории, кроме возвышенного северо-востока (окраина междуречного плато), преобладает склоновый рельеф. Центральную, северо-западную, западную и частично южную часть участка занимают пологие склоны, спускающиеся в направлении долин Готни, Локни и Ворсклы. На периферии они переходят в крутые склоны речных долин, обрамляющие всю западную половину периметра леса. Склоны прорезаны многочисленными оврагами. Максимальная высота составляет 217 м, минимальная – 137 м. На юго-востоке участок граничит с районным центром пгт. Борисовка, а на северо-западе – с селом Красный Куток.

Первые данные по норным хищникам участка «Лес на Ворскле» с учётом стационального распределения, расположения убежищ, особенностей питания и др. были приведены А.К.Крень (1939). Позже, О.В.Петров (1971, 1986) проводит более детальное исследование. В рамках программы «Летопись природы» в заповеднике «Белогорье» на участке «Лес на Ворскле» с 2000 года проводится ежегодная проверка нор хищников. Количество жилых нор барсуков и лисиц не постоянно из года в год и зависит от многих факторов, в первую очередь от обилия кормов. На 2013 год известно 23 убежища норных хищников.

Проведенное исследование включает четыре этапа: сбор исходных данных и приведение их к единому формату, корреляционный анализ, регрессионный анализ и картографирование благоприятности среды для размещения убежищ норных хищников. Все процедуры анализа выполнены в программе ArcGIS 10.1.

Сведения о факторах среды, обуславливающих размещение убежищ норных хищников, получены преимущественно из фондовых материалов ГПЗ «Белогорье». Из материалов лесоустройства и топографических карт взяты сведения о границе заповедника, рельефе, растительности, водоемах, лесных тропах и дорогах, близлежащих населенных пунктах. Отсутствующие данные взяты частично из OSM, частично отвекторизованы по мозаике космических снимков ArcGIS World Imagery, которая доступна всем пользователям ArcGIS. Дополнительно с

помощью GPS-навигатора проведено уточнение прохождения лесных дорог, границ населённых пунктов, особенностей лесорастительных условий.

Для корреляционного анализа все показатели, характеризующие абиотические, биотические и антропогенные факторы, были преобразованы в растровый формат (в зависимости от фактора использовались растры плотности, дистанции или тематические растры-поверхности). Затем при помощи инструмента «Статистика набора каналов» были созданы корреляционные матрицы, показывающая корреляцию плотности размещения нор с антропогенными, абиотическими и биотическими факторами. На основании их анализа выделены факторы, имеющие наибольшее влияние на размещение убежищ норных хищников. Размещение нор было охарактеризовано через растр плотности, построенный с радиусом поиска 1000 м. Для построения всех других растров плотности выбран такой же радиус поиска, чтобы обеспечить сравнимость данных.

В качестве абиотических факторов рассмотрены морфометрические показатели: густота оврагов, абсолютная высота, уклон, экспозиция, кривизна в плане и кривизна в профиле. Густота оврагов передана через растр плотности, а остальные показатели – тематические растры, производные от цифровой модели рельефа.

Из антропогенных факторов рассмотрены удаленность от населенных пунктов, удаленность от дорог, плотность сети лесных дорог и троп. Первые два фактора переданы через растры дистанции, а третий – через растр плотности.

Биотические факторы (растительный покров) проанализированы через вегетационные индексы GNDVI, NDVI, NDWI и NDGR, представленные в виде тематических растров. NDVI – это нормированная разность отражения в ближней инфракрасной и красной части спектра. Его значения отражают различия растительности по фитомассе. NDWI – это нормированная разность отражения в средней инфракрасной и ближней инфракрасной части спектра. Его значения связаны с содержанием воды в зеленой фитомассе. NDGR – это нормированная разность отражения в зеленой и красной части спектра. Его значения отражают смену типов растительности. GNDVI – это нормированная разность отражения в ближней инфракрасной и зеленой части спектра. Его значения отражают различия растительности по активности хлорофилла.

Расчет вегетационных индексов выполнен в программе ENVI 4.8. на основе космического снимка со спутника Landsat 5TM от 6 мая 2007 года (номер сцены (path/row) 176/025). Пространственное разрешение снимка – 30 м/пиксель. Этого достаточно для выявления пространственной неоднородности древостоя в нагорной дубраве.

Для регрессионного анализа были отобраны факторы среды, имеющие высокую корреляцию с плотностью нор и слабо зависящие друг от друга. Поскольку в ArcGIS 10.1 регрессионный анализ выполняется только для векторных данных, тематические растры были преобразованы в векторный вид. Для этого при помощи процедуры «Зональная статистика» значения растров были извлечены в таблицу атрибутов регулярной векторной сетки с ячейкой 100 на 100 м. В ходе регрессионного анализа создано два типа моделей, описывающих связь факторов среды и плотности размещения нор. При помощи метода наименьших квадратов (МНК) создана глобальная (единая для всей исследуемой территории) линейная регрессионная модель. При помощи географически взвешенной регрессии (ГВР) созданы локальные линейные регрессионные модели для каждой ячейки регулярной сетки.

Картографирование благоприятности территории для обитания норных хищников выполнено по факторам, положительно и отрицательно влияющим на популяцию исследуемых видов. Для рассмотрения взяты наиболее значимые факторы с теснотой связи (коэффициент корреляции) не ниже средней. Растры, соответствующие этим факторам, были подвергнуты переклассификации. Были выделены значения факторов выше среднего, ниже среднего и близкие к средним. Переклассифицированные растры переведены в полигональные векторные слои. Над этими слоями проведена оверлейная операция – пересечение. Ее результат, содержащий все существующие комбинации факторов, положен в основу карты благоприятности территории для обитания норных хищников.

### **Результаты и обсуждение**

Общая плотность подземных убежищ норных хищников для участка «Лес на Ворскле» ГПЗ «Белогорье» составляет 2,22 нор/км<sup>2</sup>. Локальные плотности колеблются в пределах 0–8,95 нор/км<sup>2</sup>. На плотность размещения нор лисы и барсука на исследуемой территории оказывают влияние, в

первую очередь, абиотические (рельеф) и антропогенные факторы (табл. 1 и табл. 3). Влияние биотических факторов (лесорастительных условий) значительно слабее (табл. 2). Слабое влияние лесорастительных условий связано с их относительной однородностью в пределах заповедного участка, в то время как рельеф и антропогенное влияние заметно меняются в пространстве.

**Таблица 1.**  
**Корреляционная матрица для абиотических факторов участка «Лес на Ворскле»**

	Норы	Овраги	Высота	Уклон	Экспозиция	Профильная кривизна	Плановая кривизна
Норы	1,00	0,66	0,08	-0,03	-0,01	-0,02	-0,02
Овраги	0,66	1,00	-0,04	0,09	-0,06	-0,01	-0,05
Высота	0,08	-0,04	1,00	-0,47	-0,07	-0,29	0,07
Уклон	-0,03	0,09	-0,47	1,00	-0,17	0,01	0,04
Экспозиция	-0,01	-0,06	-0,07	-0,17	1,00	0,003	0,02
Профильная кривизна	-0,02	-0,01	-0,29	0,01	0,003	1,00	-0,29
Плановая кривизна	-0,02	-0,05	0,07	0,04	0,02	-0,29	1,00

Среди характеристик рельефа наиболее тесную связь с плотностью размещения нор имеет густота эрозионной сети ( $r=0,66$ ). Между этими показателями имеется положительная корреляция средней силы. При моделировании расположения нор на исследуемой территории в качестве абиотического фактора имеет смысл включать в модель только этот показатель. Для остальных же морфометрических показателей корреляция очень слабая. Именно густая эрозионная сеть обеспечивает хищников-норников удобными местами для создания убежищ.

Для барсука, который, среди средних хищников, является основным создателем подземных убежищ в нагорных дубравах, большое значение имеют кормовые биотопы (Miskevičius, 2002; Ralphramand et al., 2007). По данным разных авторов, ведущую роль в его питании занимают беспозвоночные, особенно в весенний период (Дикий, 2004; Ralphramand et al., 2007; Сидорчук, Рожнов, 2010). В нагорных дубравах подходящими кормовыми биотопами являются влажные участки леса, днища яров и балок. Анализ корреляции плотности нор и вегетационных индексов показал, что для всех индексов корреляция очень низкая. Наибольшую корреляцию с плотностью нор показал индекс NDGR (табл. 2). Это связано с тем, что этот индекс хорошо отражает различия в типах растительности. В «Лесу на Ворскле», кроме нескольких лиственных пород (имеют более высокий NDGR), есть и хвойные, которые имеют более низкий NDGR. Тип растительности, в свою очередь, отражает микроклиматические условия местности. Но вопрос о моделировании влияния лесорастительных условий на основе космических снимков требует дополнительной проработки. Необходимо использование усредненных данных за несколько лет. Кроме того, возможно, правильнее использовать не абсолютные значения вегетационных индексов, а относительные, рассчитанные относительно значения для самого влажного и самого сухого лесного биотопа.

**Таблица 2.**  
**Корреляционная матрица для биотических факторов участка «Лес на Ворскле»**

	Норы	NDWI	NDVI	GNDVI	NDGR
Норы	1,00	0,06	0,02	-0,07	0,12
NDWI	0,06	1,00	-0,83	-0,72	-0,62
NDVI	0,02	-0,83	1,00	0,85	0,75
GNDVI	-0,07	-0,72	0,85	1,00	0,29
NDGR	0,12	-0,62	0,75	0,29	1,00

Среди антропогенных факторов в «Лесу на Ворскле» ведущий фактор не столь выражен, как среди абиотических. С плотностью размещения нор наиболее тесную связь (связь средней силы) имеет удаленность от населенных пунктов ( $r=0,58$ ). Удаленность от дорожно-тропиночной сети и густота сети троп и дорог влияют в меньшей степени, показывая корреляцию слабой силы (табл. 3). Соотношение влияния антропогенных факторов может иметь и другой характер в разных частях

областей распространения лисицы и барсука из-за местных особенностей природных условий и населения (Meia, Weber, 1992; Schippers et al., 1996; Remonti et al., 2006; Davison et al., 2008; Владимирова, Мозговой, 2005; Брусенцова, 2012; Biancardi et al., 2014). В «Лесу на Ворскле» оно обусловлено тем, что здесь слабо развита тропинопная сеть, зато соседствующие населенные пункты достаточно крупные. Кроме того, в силу жесткого и длительного природоохранного режима в «Лесу на Ворскле» лесные тропы используются менее интенсивно, чем в лесах без ограничения доступа населения.

Таблица 3.

**Корреляционная матрица для антропогенных факторов участка «Лес на Ворскле»**

	Плотность нор	Плотность дорог	Расстояние от дорог	Расстояние от населенных пунктов
Плотность нор	1,00	-0,22	0,23	0,58
Плотность дорог	-0,22	1,00	-0,54	-0,34
Расстояние от дорог	0,23	-0,56	1,00	0,27
Расстояние от населенных пунктов	0,58	-0,34	0,27	1,00

По результатам корреляционного анализа отобраны три фактора для дальнейшего (регрессионного) анализа: густота эрозионной сети, удаленность от населенных пунктов и значение вегетационного индекса NDGR. При помощи МНК создана трехфакторная модель (1), описывающая зависимость плотности нор лисы и барсука от антропогенных, абиотических (рельефа) и биотических (лесорастительные условия) факторов:

$$D_n = -1,27 + 0,79 \cdot G - 6,58 \cdot V + 2,15 \cdot A, (1)$$

где A – антропогенный фактор (расстояние от населенного пункта), V – фактор лесорастительных условий (вегетационный индекс NDGR), G – фактор рельефа (плотность овражной сети).

Коэффициенты при переменных модели являются статически значимыми на уровне 99%. Значения фактора, увеличивающего дисперсию (VIF < 7,5), указывают на то, что ни одна из переменных не является избыточной (табл. 4).

Таблица 4.

**Результаты, полученные методом наименьших квадратов (МНК). Коэффициенты модели**

Коэффициенты	Станд. ошибка	t-статистика	p-значение	VIF
*Int	0,15 (0,14)	-8,43 (-9,15)	<0,01 (<0,01)	-
G	0,06 (0,07)	12,84 (10,84)	<0,01 (<0,01)	1,13
A	0,09 (0,10)	22,81 (22,73)	<0,01 (<0,01)	1,17
V	1,55 (1,35)	4,24 (4,88)	<0,01 (<0,01)	1,05

*Примечание: \* Intercept – координата пересечения оси Y; для стандартных ошибок, t-статистики, p-значений в скобках дано устойчивое (робастное) значение.*

МНК-модель в целом является статистически значимой, что подтверждается статистически значимыми величинами соединенной F-статистики. Также статистически значимой является величина статистики Кенкера. Это свидетельствует о наличии нестационарности в закономерностях (табл. 5). Поскольку результаты МНК показали наличие нестационарности, оправданным является применение ГВР.

Результаты моделирования плотности размещения нор методом ГВР приведены в табл. 6 и на рис. 1.

Таблиця 5.

## Результаты МНК – диагностики модели\*

Характеристики модели	Показатели	Значение
Производительность модели	R <sup>2</sup>	0,50
	Критерий Акаике	3781,09
Значимость модели	Соединенная F-статистика	355,84
	Соединенная статистика Вальда	691,48
Смещение модели	Статистика Жака –Бера	94,53
Стационарность модели	Статистика Кенкера	371,12
Автокорреляция невязок	Глобальный индекс Морана I	0,26

\*Примечание: показатели значимости смещения, стационарности и автокорреляции невязок моделей статистически значимы на уровне 99%.

Таблиця 6.

## Результаты географически взвешенной регрессии (ГВР)

	Локальный R <sup>2</sup>	Локальные коэффициенты регрессии*			
		Intercept	Плотность оврагов	Антропогенный фактор	Вегетационный индекс
Минимум	0,11	-2,77±0,18	-0,50±0,06	-1,33±0,09	-9,61±1,60
Среднее	0,52	-1,23±0,23	0,97±0,10	2,07±0,15	5,89±2,34
Максимум	0,82	0,95±0,43	3,09±0,37	4,40±0,41	30,36±4,47
СКО	0,14	1,01±0,04	0,65±0,04	1,41±0,05	10,19±0,54

\*Примечание: значения коэффициентов ГВР даны со среднеквадратичной ошибкой.

ГВР-модели имеют большую производительность по сравнению с МНК-моделями, на что указывают более высокие значения коэффициента детерминации ( $R^2=0,76$ ). На большую эффективность ГВР по сравнению с результатами МНК также указывает более низкое значение информационного критерия Акаике (3042,44 против 3781,09 у МНК-модели). Общий индекс Морана I для невязок модели меньше, чем при МНК, и составляет 0,17. Это указывает на то, что ГВР лучше описывает закономерности при неполной информации о влияющих факторах.

География локального коэффициента детерминации показывает, в каких частях «Леса на Ворскле» удалось наиболее точно смоделировать плотность нор лисы и барсука. Лучшее всего модель передает уменьшение плотности нор по мере удаления от центра леса к восточной его окраине. Здесь, с одной стороны, уменьшается плотность овражной сети, а с другой – уменьшается расстояние от населенного пункта. Хуже всего моделируется плотность нор в юго-западном углу леса. Тут плотность нор повышенная, несмотря на близость к населенному пункту и небольшую плотность овражной сети. Также эффективность моделирования снижена в северо-западной части леса. Очевидно, тут проблемы возникают, когда при одинаковой удаленности от населенного пункта степень антропогенного влияния различается, что также отмечалось нами в другой работе для Национального природного парка «Гомольшанские леса» (Брусенцова, Украинский, 2014). Так, видимо, имеет значение то, что расположенный на северо-западе участка «Лес на Ворскле» посёлок Красный Куток имеет меньшую численность населения, чем расположенный на юго-востоке районный центр Борисовка.

География локальных коэффициентов при переменных модели позволяет проследить, где тот или иной фактор влияет сильнее, а где слабее. Для локальных коэффициентов при переменной G отчетливо выделяются два участка с пониженными значениями. Это участки, примыкающие к Красному Кутку и Борисовке. Здесь количество нор пониженное, несмотря на наличие густой эрозионной сети. Высокие значения коэффициента при переменной G отмечаются там, где плотность нор либо низкая из-за низкой плотности овражной сети, либо наоборот – высокая из-за высокой плотности овражной сети. При этом в центральной части леса, где самая высокая плотность нор, значения локальных коэффициентов при переменной G не самые высокие. Это связано с тем, что

здесь в равной мере размещению нор благоприятствуют и рельеф, и удаленность от населенных пунктов. А вот в юго-западной части леса, (тут, несмотря на близость к населенному пункту присутствуют норы) значения локальных коэффициентов при переменной G самые высокие, поскольку положительное влияние рельефа здесь преобладает над отрицательным влиянием близости пгт. Борисовка.

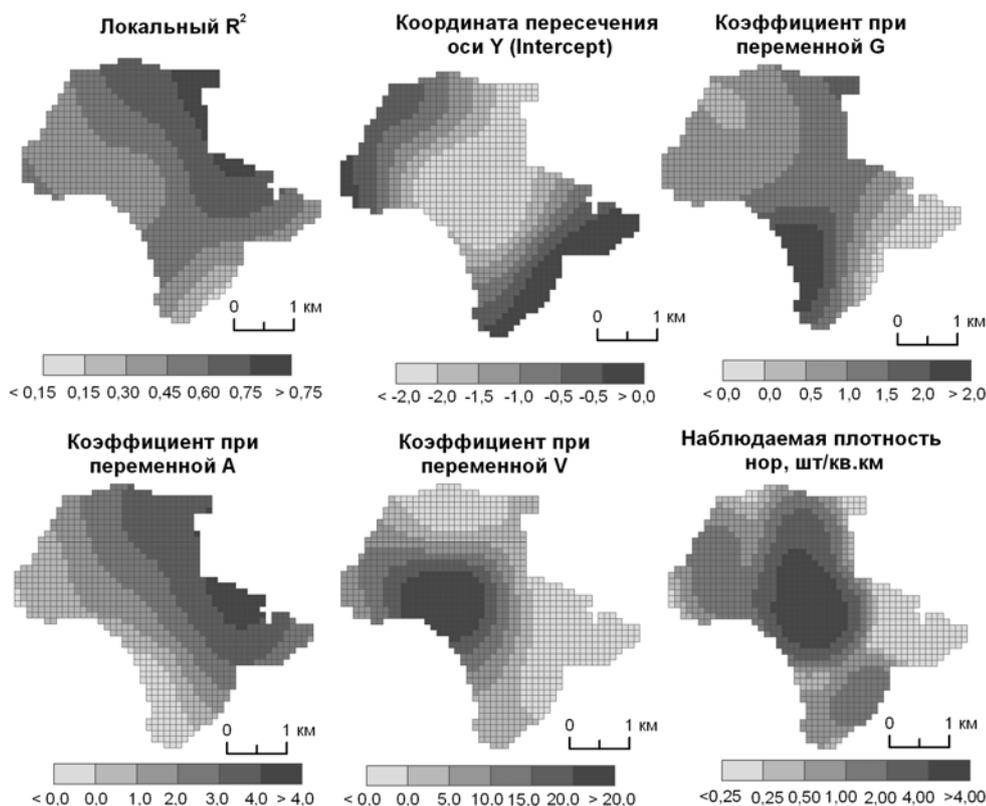


Рис. 1. Результаты ГВР для участка «Лес на Ворскле»

География повышенных значений коэффициента при факторе A показывает, что близость пгт. Борисовка больше всего сказывается в северо-восточной части участка. Здесь нет естественных преград для проникновения человека. На противоположном периметре границы леса влияние человека сказывается меньше, поскольку проникновение по крутым склонам затруднено. Самые низкие значения коэффициента при переменной A характерны для девятого квартала «Леса на Ворскле», где склоны достигают наибольшей крутизны.

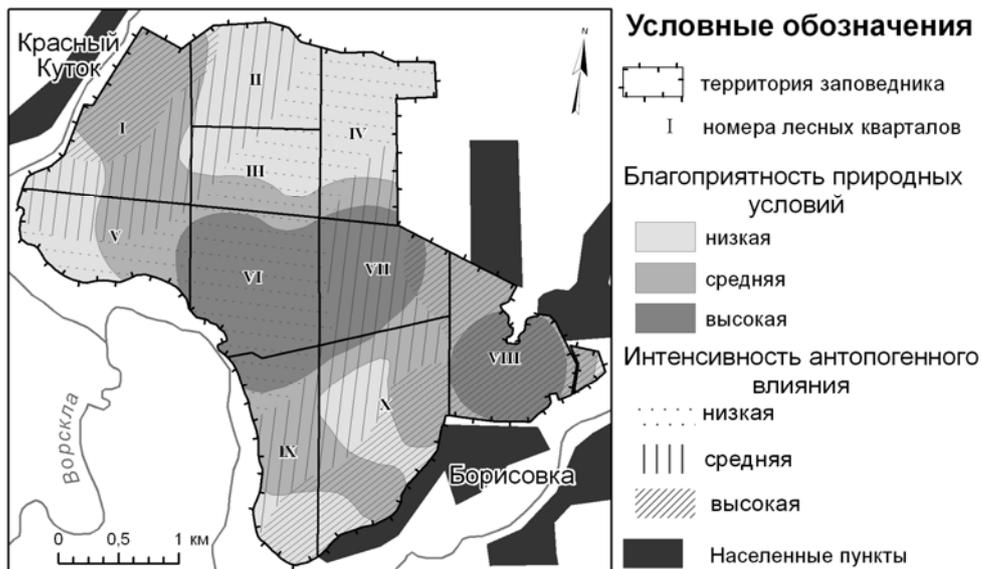
Стоит обратить внимание на следующую особенность географии коэффициентов при переменных A и G. Линии равных значений у них перпендикулярны друг другу. Это вызвано двумя факторами. Во-первых, плотность размещения нор с густотой эрозионной сети имеет положительную корреляцию, а с удаленностью от населенных пунктов – отрицательную. Во-вторых, участки с наиболее густой эрозионной сетью и участки, наиболее удаленные от населенных пунктов, в значительной степени совпадают в пространстве.

Локальные коэффициенты при факторе V принимают самые большие значения там, где коэффициенты при факторе G низкие, а при факторе A – высокие. То есть там, где, несмотря на малую густоты эрозионной сети или высокое антропогенное влияние, норы присутствуют. На таких участках благоприятные лесорастительные условия частично компенсируют неблагоприятные абиотические и антропогенные факторы.

Исходя из результатов корреляционного анализа, при создании карты относительной благоприятности территории для обитания норных хищников в основу были положены два фактора: удаленность от населенных пунктов (наиболее значимый фактор, отрицательно влияющий на размещение нор) и густота овражной сети (наиболее значимый фактор, положительно влияющий на

размещение нор). Специфическое сочетание этих двух факторов и изменение его в пространстве определяет характер размещения нор лисы и барсука в «Лесу на Ворскле» (рис. 2).

Особенностью участка «Лес на Ворскле» является то, что наиболее благоприятные природные условия совпадают с низким влиянием антропогенного фактора. В результате, в центральной части участка происходит синергетический эффект, обуславливающий максимальную плотность нор. Такое сочетание факторов имеет первоочередное значение для барсука, который использует норы именно там. Лисица в меньшей степени зависит от лесорастительных условий и антропогенной нагрузки, поэтому может использовать норы, которые находятся в неблагоприятных условиях (Meia, Weber, 1992; Владимирова, Мозговой, 2005; Брусенцова, 2012). В данном случае, большинство брошенных барсуком нор по периферии участка «Лес на Ворскле» занимают лисицы.



**Рис. 2.** Карта благоприятности территории участка «Лес на Ворскле» ГПЗ «Белогорье» для обитания норных хищников

### Выводы

Установлено, что на распределение нор лисицы и барсука в пространстве на участке «Лес на Ворскле» ГПЗ «Белогорье» наибольшее влияние оказывает рельеф, а именно густота эрозионной сети. Выявлено влияние человека на особенности размещения и используемость подземных убежищ.

Реализованные в ГИС инструменты пространственной статистики показали себя как полезный и мощный инструмент в выявлении закономерностей пространственной организации популяций хищников-норников. Используемые методы и подходы позволили создать карту благоприятности территории для обитания лисицы и барсука, которая хорошо отражает реальные места концентрации нор.

### Список литературы

- Брусенцова Н.А. Поселения хищников-норников в условиях высокой антропогенной нагрузки // Экология, эволюция и систематика животных: мат. межд.науч.-практ.конф. – Рязань: НП «Голос губернии», 2012. – С. 200–201. /Brusentsova N.A. Poseleniya khishchnikov-nornikov v usloviyakh vysokoy antropogennoy nagruzki // Ecologiya, evolutsia i systematika zhivotnykh: mat. mezhd. nauch-prakt. conf. – Ryazan', 2012. – S. 200–201./
- Брусенцова Н.А. Норные системы барсуков (*Meles meles* L.) на территории Национального природного парка «Гомольшанские леса» // Вісник ХНУ імені В.Н.Каразіна. Серія: біологія. – 2014. – Вип.20, №1100. – С. 104–111. /Brusentsova N.A. Nornyye systemy barsukov (*Meles meles* L.) na territorii Natsional'nogo prirodnogo parka "Gomol'shanskiye lesa" // Visnyk KhNU imeni V.N.Karazina. Ser. Biologiya. – 2014. – Vyp.20, N1100. – S. 104–111./
- Брусенцова Н.А., Украинский П.А. Влияние близости населенных пунктов на размещение и использование убежищ барсука (*Meles meles* L.) в условиях нагорной дубравы Национального природного парка «Гомольшанские леса» // Современные проблемы науки и образования. – 2014. –

- №6. /Brusentsova N.A., Ukrainkiy P.A. Vliyaniye blizosti naselyennykh punktov na razmeshcheniye i ispol'zovaniye ubezhishch barsuka (*Meles meles* L.) v usloviyakh nagornoj dubravy natsional'nogo prirodnogo parka "Gomol'schanskiye lesa" / Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya. – 2014. – №6. / (<http://www.science-education.ru/120-16285>)
- Владимирова Э.Д., Мозговой Д.П. Влияние антропогенных факторов на экологию лисицы обыкновенной в окрестностях Самары // Вестник СамГУ. Естественнонаучная серия. – 2005. – №5 (39). – С. 169–178. /Vladimirova E.D., Mozgovoy D.P. Vliyaniye antropogennykh faktorov na ekologiyu lisitsy obyknovennoy v okrestnostyakh Samary // Vestnik SamGU. – Yestestvennonauchnaya seriya. – 2005. – N 5. (39). – С. 169–178./
- Дикий І. Борсук (*Meles meles* L., 1758) на заході України (морфологія, поширення, екологія, охорона). Автореф. дис. ... канд. біол. наук / 03.00.08 – зоологія. – Київ, 2004. – 20с. /Dykyi I. Borsuk (*Meles meles* L., 1758) na zakhodi Ukrainy (morphologiya, poshyrennya, ekologiya, okhorona). Avtoferat dys. ... kand. biol. nauk / 03.00.08 – zoologia. – Kyiv, 2004. – 20s./
- Крень А.К. Позвоночные животные заповедника «Лес на Ворскле» // Ученые записки Ленинградского гос. ун-та. – 1939. – Т.28. – С. 184–206. /Kren' A.K. Pozvonochnyye zhyvotnyye zapovednika "Les na Vorskle" // Uchenyye zapiski Leningradskogo gos. un-ta. – 1939. – T.28. – S.184–206./
- Петров О.В. Млекопитающие учлесхоза «Лес на Ворскле» и его окрестностей // Ученые записки Ленинградского гос. ун-та. – 1971. – №351. – С. 127–132. /Petrov O.V. Mlekovpitayushchiye uchleskhoza "Les na Vorskle" i yego okrestnostey // Uchenyye zapiski Leningradskogo gos. un-ta. – 1971. – N351. – S.127–132./
- Петров О.В. Роющая деятельность барсука в дубраве «Лес на Ворскле» // Комплексные исследования биогеоценозов лесостепных дубрав. – Л.: Наука, 1986. – С. 113–117. /Petrov O.V. Roushchaya deyatel'nost' barsuka v dubrave "Les-na-Vorskle" // Kompleksnyye issledovaniya biogeotsenozov lesostepnykh dubrav. – L.: Nauka, 1986. – S. 113–117./
- Руковский Н.Н. Убежища четвероногих. – М.: Агропромиздат, 1991. – 143с. /Rukovskiy N.N. Ubezishcha chetveronogikh. – M.: Agropromizdat, 1991. – 143s./
- Сидорчук Н.В., Рожнов В.В. Европейский барсук в Дарвинском заповеднике: традиционные и новые методы в изучении экологии и поведения норных хищников. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2010. – 122с. /Sidorchuk N.V., Rozhnov V.V. Yevropeyskiy barsuk v Darvinskom zapovednike: traditsionnyye i novyye metody v izuchenii ekologii i povedeniya nornykh khishchnikov. – M.: Tovarithchestvo nauchnykh izdaniy KMK, 2010. – 122s./
- Biancardi C.M., Rigo V., Azzolini S., Gnoli C. Eurasian badger (*Meles meles*) habitat and sett site selection in the northern Apennines // Natural History Sciences Atti della Società italiana di Scienze Naturali e del Museo Civico di Storia Naturale in Milano. – 2014. – Vol.1, №1. – P. 41–48.
- Davison J., Huck M., Delahay R.J., Roper T.J. Urban badger setts: characteristics, patterns of use and management implications // Journal of Zoology. – 2008. – Vol.275. – P. 190–200.
- Gough M.C., Rushton S.P. The application of GIS-modelling to mustelid landscape ecology // Mammal Rev. – 2000. – Vol.30, № 3, 4. – P. 197–216.
- Gloor S. The rise of urban foxes (*Vulpes vulpes*) in Switzerland and ecological and parasitological aspects of a fox population in the recently colonized city of Zurich. Dissertation, Dr. sc. nat. – Zürich, 2002. – 118p.
- Kowalczyk R., Zalewski A., Jedrzejewska B. Seasonal and spatial pattern of shelter use by badgers *Meles meles* in Bialowieza Primeval Forest (Poland) // Acta Theriologica. – 2004. – Vol.49 (1). – P. 75–92.
- Meia J.S., Weber J.M. Characteristics and distribution of breeding dens of the Red fox (*Vulpes vulpes*) in mountainous habitat // Z. Säugetierk. – 1992. – Vol.47. – P. 137–143.
- Mickevičius E. Distribution of badger (*Meles meles*), fox (*Vulpes vulpes*) and raccoon dog (*Nyctereutes procyonoides*) burrows in different habitats and soil types of Lithuania // Acta Zoologica Lituonica. – 2002. – Vol.12, №2. – P. 159–166.
- Palphramand K.L., Newton-Cross G., White P.C.L. Spatial organization and behavior of badgers (*Meles meles*) in a moderate-density population // Behav. Ecol. Sociobiol. – 2007. – Vol.61. – P. 401–413.
- Remonti L., Balestrieri A., Prigioni C. Factors determining badger *Meles meles* sett location in agricultural ecosystems of NW Italy // Folia Zool. – 2006. – Vol.55 (1). – P. 19–27.
- Santos M.J., Beier P. Habitat selection by European badgers at multiple spatial scales in Portuguese Mediterranean ecosystems // Wildlife Research. – 2008. – Vol.35. – P. 835–843.
- Schippers P., Verboom J., Knaapen J.P., van Apeldoorn R.C. Dispersal and habitat connectivity in complex heterogeneous landscapes : an analysis with a GIS-based random walk model // Ecography. – 1996. – Vol.19. – P. 97–106.

**Представлено: І.В.Загороднюк / Presented by: I.V.Zagorodnyuk**

**Рецензент: В.А.Токарський / Reviewer: V.A.Tokarsky**

*Подано до редакції / Received: 11.06.2015*