

## **ВЛИЯНИЕ БЛИЗОСТИ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ НА РАЗМЕЩЕНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УБЕЖИЩ БАРСУКА (*MELES MELES L.*) В УСЛОВИЯХ НАГОРНОЙ ДУБРАВЫ НАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДНОГО ПАРКА «ГОМОЛЬШАНСКИЕ ЛЕСА»**

**Брусенцова Н.А.<sup>1</sup>, Украинский П.А.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Национальный природный парк «Слобожанский», Краснокутск, Украина (62002, Краснокутск, ул., Заречная, 15), e-mail: n\_brusentsova@mail.ru*

<sup>2</sup>*ФГАОУ ВПО «Белгородский Государственный национальный исследовательский университет», Белгород, Россия (308015, Белгород, ул. Победы, 85), e-mail: ukrainski@bsu.edu.ru*

---

Собраны сведения о расположении нор барсука в нагорной дубраве национального природного парка «Гомольшанские леса» и проведен анализ влияния близости населенных пунктов на их использование. Исследована география плотности размещения нор (всех и только используемых). Для этого в программе ArcGIS 10.1 были построены растры плотности. Обнаружено, что вблизи населенных пунктов повышается доля неиспользуемых барсуком нор. С помощью ГИС-реализации метода наименьших квадратов (МНК) получено уравнение, описывающее связь плотности используемых нор, удаленности от населенных пунктов и плотности всех барсучьих нор. Выявленные закономерности не являются стабильными и варьируют в пространстве. На основе географически взвешенной регрессии (ГВР) построены локальные модели, характеризующие влияние близости населенных пунктов на использование нор барсуком. Сравнение моделей МНК и ГВР показало, что ГВР является более эффективной. На это указывает более высокий коэффициент детерминации и меньшая величина информационного критерия Акаике. Картографическая визуализация результатов ГВР показала, что по географии локальных моделей территория делится на три зоны. Каждая зона соответствует определенному населенному пункту.

---

Ключевые слова: антропогенное влияние, барсук, ГИС, географически взвешенная регрессия, метод наименьших квадратов, Гомольшанские леса, пространственная статистика

## **THE INFLUENCE OF THE SETTLEMENT PROXIMITY ON BADGER (*MELES MELES L.*) SETT DISTRIBUTION AND USED IN CONDITION OF UPLAND OAK FOREST IN THE NATIONAL NATURAL PARK «GOMILSHANSKI LISY»**

**Brusentsova N.A.<sup>1</sup>, Ukrainskiy P.A.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*National natural park «Slobozhanskyi», Krasnokutsk, Ukraine (62002, Krasnokutsk, Zarichna st. 15), e-mail: n\_brusentsova@mail.ru*

<sup>2</sup>*Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia (308015, Belgorod, Pobedy st. 85), e-mail: ukrainski@bsu.edu.ru*

---

Information on the distribution of badger setts in the upland oak forest of National natural park "Gomilshanski lisy" was collected and the influence of human settlements proximity on setts usage was analyzed. Geographical density of the setts (all and only used) was studied. For this purpose, rasters of density were created in the program ArcGIS 10.1. It was found that near to the settlements proportion of unused badger setts were increased. An equation that describes linkage between density of used setts, distance from settlements and all badger setts density was obtain with GIS implementation of ordinary least squares (OLS) method. Revealed trends are not stable and varies in space. Local models were created on the basis of geographically weighted regression (GWR). They characterize effect of settlement proximity to the used badger setts. Comparison of OLS and GWR models showed that HWR is more effective. This is indicated by higher determination coefficient and lower value of the Akaike information criterion. GWR results cartographic visualization showed that geography of local territory models is divided into three zones. Each zone corresponds to the particular settlement.

---

Keywords: anthropogenic influence, badger, GIS, geographical weighted regression, ordinary least squares, spatial statistic, Gomilshanski lisy

Барсук (*Meles meles*) является активными преобразователем среды. В результате норной деятельности происходит масштабное воздействие на почвы, их обитателей и растительность (древесную, кустарниковую, травяную), создаются убежища для многих видов живот-

ных [9, 10]. В тоже время, барсук во многом зависит от внешних факторов, среды которых одним из наиболее важных в настоящее время становится антропогенный. Изначально животное выбирает места для размещения убежищ в соответствии с природными факторами, но под влиянием человека происходит снижение заселённости нор [1, 4, 6]. Мы предполагаем, что в размещение неиспользуемых убежищ имеются пространственные закономерности. Количественное описание этих закономерностей является целью представленной работы. Это включает в себя следующие задачи:

- преобразование данных о размещении нор барсука к виду, пригодному для анализа методами пространственной статистики, реализованными в ГИС;
- выявление пространственных закономерностей и создание глобальной модели, описывающей их;
- проверка стационарности закономерностей и создание локальных моделей в случае обнаружения нестационарности;
- интерпретация полученных моделей

Решение требует комплексного подхода с привлечением методов популяционной экологии, геоинформатики и пространственной статистики.

**Исследуемая территория.** Исследования проводились на мониторинговом участке по изучению норных хищников общей площадью 1800 га в Национальном природном парке «Гомольшанские леса» (Змиевской район, Харьковская область) [5]. С запада его граница проходит по просеке газопровода. На юге он соседствует с долиной реки Гомольша, на востоке примыкает к берегу Северского Донца. Населённые пункты и базы отдыха, непосредственно примыкающие к исследуемому участку, расположены с севера и северо-востока (с. Гайдары и с. Коробов Хутор). В пределах исследуемой территории располагается большое количество баз отдыха, рекреационная нагрузка в летнее время достаточно высокая. На юге за рекой Гомольша располагается с. Сухая Гомольша, где практически не осталось жителей.

Лес на исследуемом участке представляет собой кленово-липовую нагорную дубраву. Распространению барсука здесь благоприятствует сильно пересеченный рельеф.

**Материалы и методы исследования.** Инвентаризация убежищ барсука произведена в 2006-2011 гг. Она выполнена путем обследования характерных местообитаний и тропления следов при наличии снежного покрова. Кроме того, были использованы данные опросов егерей, сотрудников национального парка и местного населения. Координаты нор фиксировались с помощью GPS-навигатора. Всего было обнаружено 55 убежищ, вырытых барсуком. Из них этим животным используется 30.

Для анализа пространственных закономерностей использован программный пакет ArcGIS 10.1. Обработка данных проводилась в два этапа. На первом этапе исходные данные

упорядочивались и готовились к анализу. Данные GPS-съемки были разделены на два слоя с точечной геометрией – слой со всеми норами, вырытыми барсуком, и слой с используемыми норами. На основе каждого из этих слоев при помощи инструмента «плотность ядер» (Kernel Density) был построен свой растр плотности с размером ячейки 100 м. Радиус поиска при этом был задан равным 1000 м. Это значение соответствует максимальному расстоянию до ближайшего соседа для нор, используемых барсуком.

Для анализа близости к населенному пункту использовался векторный слой с границами сел, находящихся по периметру изучаемого участка. На основе этого слоя при помощи инструмента «эвклидово расстояние» (Euclidian Distance) построен растр удаленности от населенных пунктов с размером ячейки 100 м.

Для дальнейшей работы была создан векторный слой полигональной геометрии с сеткой квадратных ячеек (сторона ячейки равна 100 м). В таблицу атрибутов этого слоя были перенесены данные из ранее созданных трех растровых слоев. Выполнено это с помощью инструмента «зональная статистика в таблицу».

Второй этап работы заключался в собственно анализе данных. Для этого использованы два метода моделирования пространственных взаимоотношений, реализованные в инструментарию ArcGIS 10.1. Это метод наименьших квадратов (МНК) и географически взвешенная регрессия (ГВР). Первый метод позволяет создавать глобальные модели для всей исследуемой территории, а второй – локальные модели для каждого отдельного ее участка [8]. Вначале всегда необходимо применять МНК. Если по результатам МНК обнаруживается нестационарность закономерностей, то целесообразным является применение ГВР. Также МНК позволяет подобрать набор переменных, правильный с точки зрения статистической значимости и отсутствия мультиколлинеарности [7]. В нашем случае ГВР запускалась с фиксированным ядром и шириной диапазона равной 3000 м. Это соответствует расстоянию между населенными пунктами. Также это расстояние выбрано для получения сглаженной модели.

**Результаты и обсуждение.** Плотность всех вырытых барсуком нор и используемых им убежищ показана на рисунке 1. Пять ареалов повышенной плотности соответствуют пяти семейным участкам барсука на изучаемой территории [2]. Уменьшение плотности используемых нор по сравнению с плотностью всех нор для разных семейных участков выражено в разной степени. На момент исследования на мониторинговом участке жилыми являются четыре семейных участка и один посещается барсуком периодически [2,3]. Больше всего нор было оставлено барсуком к западу от села Коропово. В окрестностях Гайдар и Сухой Гомольши падение плотности выражено в меньшей степени (рис. 1).

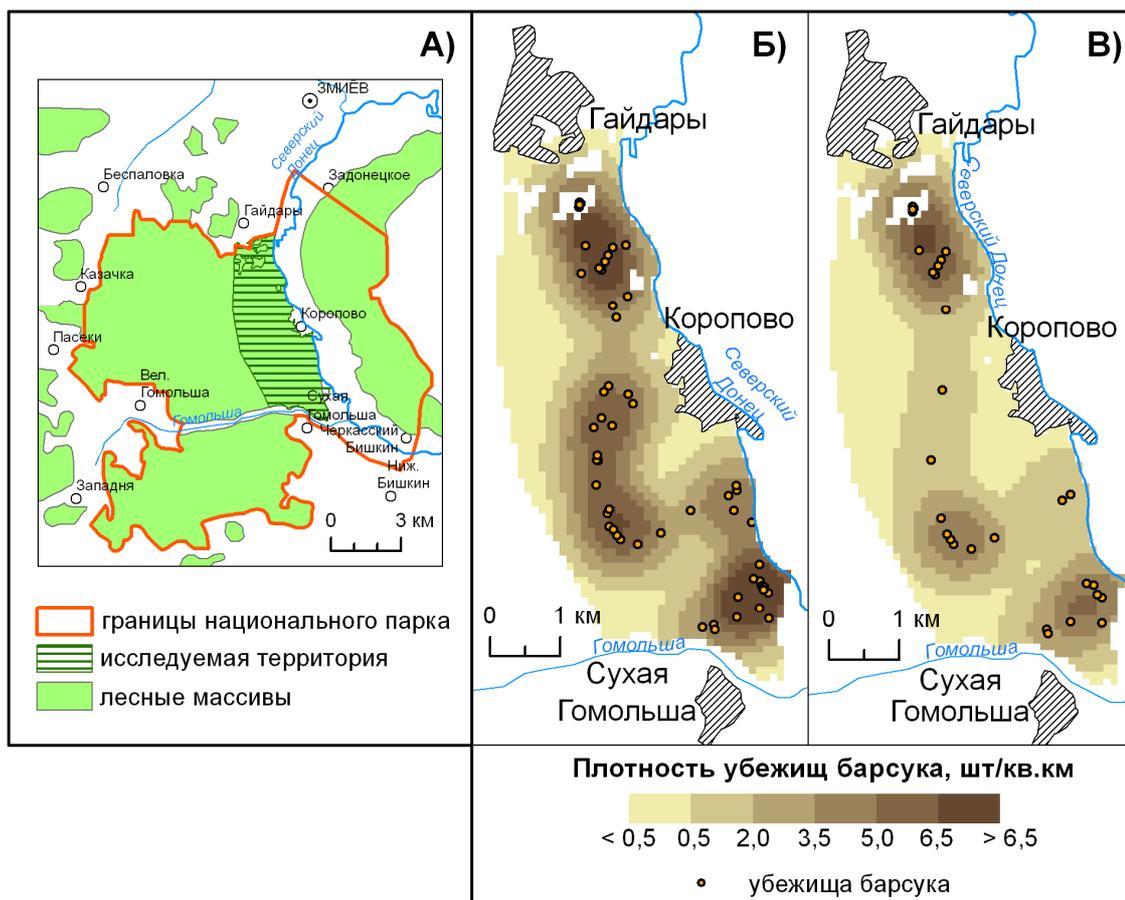


Рис.1. Исследуемые объекты:

- а) расположение исследуемой территории, б) размещение и плотность всех убежищ барсука, в) размещение и плотность используемых убежищ.

При помощи МНК получено следующее уравнение (1), характеризующее влияние близости населенных пунктов на оставление убежищ барсуком:

$$Da = -0,25 + 0,58Dn + 0,11S \quad (1)$$

где  $Da$  – плотность используемых барсуком нор, шт/км<sup>2</sup>;  $Dn$  – плотность всех нор вырытых барсуком, шт/км<sup>2</sup>;  $S$  – расстояние до ближайшего населенного пункта, км.

Оценка коэффициентов переменных в модели приведена в таблице 1. Все коэффициенты в полученном уравнении являются статистически значимыми. Мультиколлинеарность между переменными отсутствует, на что указывают значения фактора, увеличивающего дисперсию (VIF).

Таблица 1

Оценка переменных модели, полученной методом наименьших квадратов

Переменная	Стандартная ошибка	t-статистика	Вероятность	VIF
Intercept*	0,05	-4,98	0,99	—
Dn	0,01	69,79	0,99	1,00

S	0,03	3,30	0,99	1,00
---	------	------	------	------

\*координата пересечения с осью Y

Характеристика качества модели приведены в таблице 2. Статистика Кенкера указывает на наличие нестационарности. Но, поскольку все коэффициенты при переменных статистически значимы, то полученная модель является эффективной, несмотря на наличие нестационарности. Вся модель в целом является статистически значимой, что подтверждается статистически значимыми величинами соединенной F-статистики и соединенной статистики Вальда (при отсутствии нестационарности для подтверждения значимости модели достаточно первого показателя, а при наличии нестационарности необходимо рассматривать оба). Значение статистики Жака-Бера говорит о смещении невязок модели (распределении отличается от нормального), а значения общего индекса Морана I для невязок модели говорят об их пространственной автокорреляции. Такое отмечается если в модели присутствуют не все влияющие факторы. Это действительно так, поскольку не только близость населенных пунктов может подталкивать барсука к оставлению вырытых убежищ.

Таблица 2

Качество модели, полученной методом наименьших квадратов

Показатель качества модели	Характеристика модели	Значение	Вероятность
Коэффициент детерминации ( $R^2$ )	Производительность	0,73	—
Информационный критерий Акаике (AICc)		4377,14	—
Соединенная F-статистика	Значимость	2435,61	0,99
Соединенная статистика Вальда		3329,89	0,99
Статистика Жака-Бера	Смещение	209,26	0,99
Статистика Кенкера	Стационарность	502,08	0,99
Общий индекс Морана I для невязок модели	Распределение невязок в пространстве	0,60	0,99

Поскольку результаты МНК показали наличие нестационарности, оправданным является применение ГВР. В модели, построенной с помощью ГВР, характерна большая производительность ( $R^2=0,86$ ). Коэффициенты модели ГВР приведены в таблице 3.

Таблица 3

Результаты географически взвешенной регрессии

Показатели	Значения			
	Среднее	Мин	Макс	СКО
Число обусловленности	5,51	4,45	6,75	0,52

Коэффициенты регрессии	Intercept*	-0,46±0,05	-0,84±0,04	-0,02±0,06	0,18±0,003
	Dn	0,54±0,01	0,37±0,01	0,77±0,01	0,10±0,0005
	S	0,28±0,03	-0,09±0,03	0,54±0,04	0,15±0,002
Локальный R <sup>2</sup>		0,70	0,58	0,84	0,07

\*координата пересечения с осью Y

На большую эффективность ГВР по сравнению с результатами МНК указывает также более низкое значение информационного критерия Акаике (AICc=3182,10). Общий индекс Морана I для невязок модели меньше чем при МНК и составляет 0,48. Это указывает на то, что ГВР лучше описывает закономерности при неполной информации о влияющих факторах. Пространственные закономерности значений коэффициентов локальных моделей представлены на рисунке 2. Отчетливо видно разделение территории на три части, каждая из них приурочена к определенному селу.

Сопоставив географию коэффициентов регрессии при Dn и S можно судить о том, где плотность используемых нор в большей степени наследует изначальную плотность нор, а где она поменялась под влиянием близости к населенным пунктам. У них обратная зависимость в пространственном распределении.

География коэффициента при факторе S показывает, что расстояние от населенного пункта более всего сказывается в окрестностях Коропово. В то время как в окрестностях Гайдар и Сухой Гомольше плотность используемых нор в большей степени наследует изначальную плотность нор. То есть более людное Коропово влияет сильнее, чем малолюдная Сухая Гомольша. Но удаленность от самого населенного села (Гайдары) при этом оказывает самое малое влияние. Здесь видимо закономерности искажаются наличием летних лагерей и баз отдыха. Существуют свидетельства, указывающие на синантропизацию барсука вблизи таких объектов [6], что подтверждается нашими данными (жилые норы барсука на территории базы отдыха «Романтика»). Стоит учитывать видимо и расположение населенного пункта. Коропово зажато между лесом и Северским Донцом. Пути сообщения (лесные дороги) к Гайдарам и Сухой Гомольше идут из него через лес. Стоит отметить и близость к Коропово трех из пяти семейных участков.

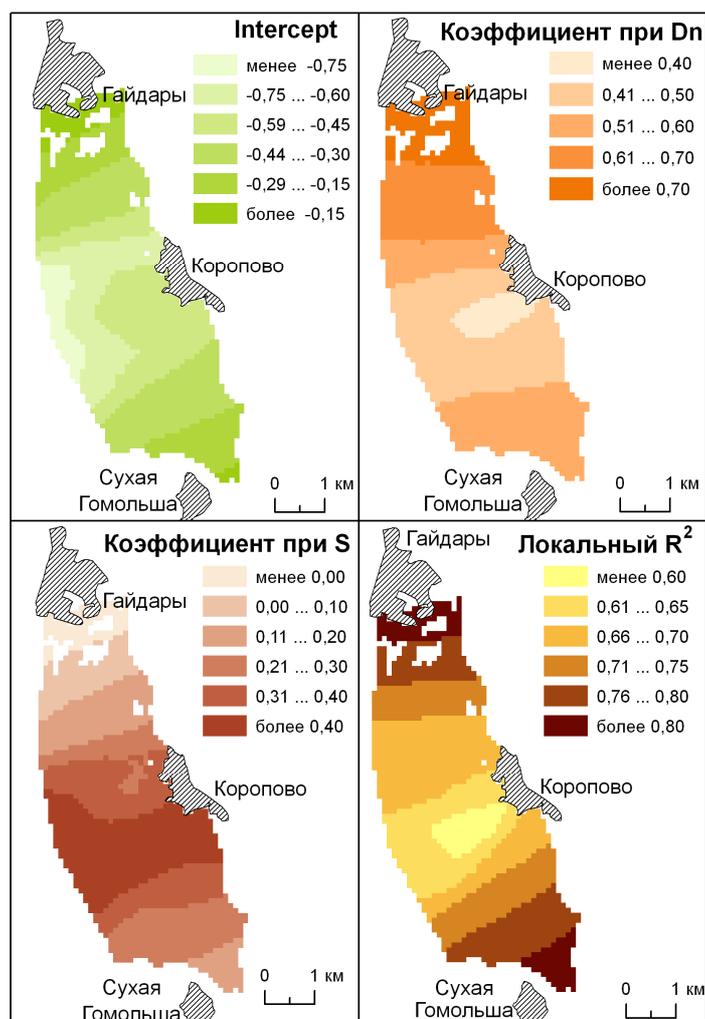


Рис. 2. Географическое отображение результатов ГВР

Таким образом, выявленная связь между близостью к населенным пунктам и посещением убежищ барсуком является нестационарной и варьирует в пределах исследуемой территории. Это варьирование обусловлено специфическими чертами населенных пунктов. В их числе особенности населения, включая численность. Также оказывает влияние расположение населенных пунктов и транспортных путей, ведущих к ним, относительно мест обитания барсука. Для выявления механизма этого влияния требуются дополнительные исследования.

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

### Список литературы

1. Брусенцова Н.А. Поселения хищников-норников в условиях высокой антропогенной нагрузки // Экология, эволюция и систематика животных: Материалы Международной научно-практической конференции. – Рязань: НП «Голос губернии», 2012. – С. 200-201.

2. Брусенцова Н.А. Норные системы барсуков (*Meles meles* L.) на территории Национального природного парка «Гомольшанские леса» // Вісник Харківського національного університету імені В.Н.Каразіна. Серія: біологія. – 2014. – Вип. 20 (№1100). – С. 104-111
3. Брусенцова Н.А. Норы барсука и лисицы на территории национального природного парка «Гомольшанские леса» // Заповідна справа в Україні. – 2009. – Т.15. – Вып. 2. – С. 64-66.
4. Брусенцова Н. А., Украинский П.А. ГИС-анализ рельефа как фактора размещения убежищ норных хищников // Международный научно-исследовательский журнал: Сборник по результатам XXXII заочной научной конференции Research Journal of International Studies. Екатеринбург: МНИЖ. – 2014. – № 10 (29). – С. 45-46
5. Літопис природи національного природного парку «Гомільшанські ліси». – т. 5. – 2009. – С. 337-341.
6. Соловьёв В.А., Соловьёв А.Н. Зависимость состояния поселений барсука от антропогенных факторов в лесной зоне Вятско-Камского междуречья // Проблемы региональной экологии. – 2007. – №5. – С. 95-99
7. Украинский П.А., Щербаков К.В. Использование инструментов пространственного анализа и пространственной статистики ArcGIS для решения научных задач ООПТ // Современные технологии в деятельности ООПТ: материалы междунар. науч.-практ. конф. (тезисы). – Нарочь: НП «Нарочанский», 2014. – С.107-108.
8. Brunson C., Fotheringham A. S., Charlton M. E. Geographically weighted regression: a method for exploring spatial nonstationarity // Geographical analysis. – 1996. – Т. 28. – №. 4. – С. 281-298.
9. Obidziński A., Głogowski R. Changes of forest flora composition in vicinity of dens of red fox and setts of eurasian badger // Polish journal of ecology. – 2005. – V. 53, № 2. – P. 197-213.
10. Reichman O.J., Smith S.C. Burrows and burrowing behaviour be mammals // Current Mammalogy. Plenum Press, New York and London – 1990 – P. 197-244.

#### **Рецензенты:**

Лисецкий Ф.Н., д.г.н., профессор, профессор кафедры природопользования и земельного кадастра НИУ «БелГУ», г. Белгород.

Смирнова Л.Г., д.б.н., зав. лабораторией ГНУ «Белгородский НИИ сельского хозяйства», г. Белгород.