

АНАЛИЗ ПРОНИЦАЕМОСТИ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ МОДЕЛЬНЫХ ВИДОВ (БУРЫЙ МЕДВЕДЬ, РЫСЬ ЕВРОПЕЙСКАЯ, БАРСУК ОБЫКНОВЕННЫЙ) НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛОРУССКОГО ПООЗЕРЬЯ

А. А. Сидорович¹⁾, В. Ю. Даглис²⁾, М. М. Максимов³⁾

¹⁾ ГНПО «НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам», ул. Академическая, д.27, 220072, г. Минск, email: anna-ecofox@mail.ru

²⁾ ГНПО «НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам», ул. Академическая, д.27, 220072, г. Минск, email: daglislav@yandex.by

³⁾ ГНПО «НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам», ул. Академическая, д.27, 220072, г. Минск, email: maksim.maksimau@yandex.by

В работе проведен анализ динамики проницаемости природных сред для модельных видов животных (бурый медведь, рысь европейская, барсук обыкновенный) за последние 40 лет. Установлен характер пространственных и временных изменений индексов, разделенных на функциональные группы для модельных видов животных на территории Белорусского Поозерья. Выявлены проблемные участки с низкой степенью проницаемости природных сред для вышеуказанных видов. Оценено влияние различных барьеров, снижающих связанность среды. Выявлены основные факторы, влияющие на динамику проницаемости природных сред.

Ключевые слова: проницаемость среды обитания; млекопитающие; Белорусское Поозерье; дистанционное зондирование Земли; геоинформационные системы.

ANALYSIS OF PERMEABILITY OF THE HABITAT MODEL SPECIES (BROWN BEAR, lynx, common badger) ON THE TERRITORY OF THE BELARUS LAKE

A. A. Sidorovich¹⁾, V. Yu. Daglis²⁾, M. M. Maksimov³⁾

¹⁾ GNPO "NPC of the National Academy of Sciences of Belarus for Bioresources", str. Akademicheskaya, 27, 220072, Minsk, email: anna-ecofox@mail.ru

²⁾ GNPO "NPC of the National Academy of Sciences of Belarus for Bioresources", str. Akademicheskaya, 27, 220072, Minsk, email: daglislav@yandex.by

³⁾ GNPO "NPC of the National Academy of Sciences of Belarus for Bioresources", str. Akademicheskaya, 27, 220072, Minsk, email: maksim.maksimau@yandex.by

The paper analyzes the permeability dynamics of natural environments for model species of animals (brown bear, European lynx, common badger) over the past 40 years. The character of the spatial and temporal changes of the indices, divided into functional groups for model species of animals on the territory of the Belarusian Lake District, is established. Identified problem areas with a low degree of permeability of natural environments for the

above-mentioned species. The impact of various barriers that reduce the connectivity of the environment is evaluated. The main factors affecting the dynamics of the permeability of natural environments have been identified.

Keywords: habitat permeability; mammals; Belorussian Poozerye; remote sensing of the Earth; geoinformation systems.

Под проницаемостью среды обитания подразумевается способность территории обеспечивать места обитания и миграции для различных видов животных и растений и способность различных организмов перемещаться через ландшафт. Оценка проницаемости как свойства среды должна осуществляться как на экосистемном, так и на видовом уровнях. Оценка на экосистемном уровне предполагает определение экосистем и типов мест обитания внутри территории исследования, проведение оценки степени их разнообразия и целостности на основе данных о их структуре, функциях, составе и связанности. На видовом уровне проницаемость выступает как условие, необходимое для поддержания жизни отдельных видов, для поддержания «жизнеспособной популяции» на территории исследования [1].

В результате оценки проницаемости выделяются зоны связности, которые располагаются на границе лесных массивов. Данные зоны требуют введения специальных режимов, направленных на поддержание проницаемости и связанности в целом, и снижение влияния барьеров [2].

В данной работе используется экосистемный подход оценки проницаемости, однако с учетом видовых особенностей модельных видов.

В качестве модельных видов для исследования были отобраны следующие виды животных с дифференциацией их по уровню мобильности: высокомобильные (медведь бурый *Ursus arctos*, рысь европейская *Lynx lynx*), среднемобильные (барсук *Meles meles*). Исходя из размеров индивидуальных участков обитания, полученных на основе анализа литературных источников для высокомобильных видов расчет индексов осуществлен для сетки с размером ячеек 10 на 10 км, а для среднемобильных видов для сетки с размером ячеек 5 на 5 км.

Ландшафтные индексы, как правило, рассчитываются на основе данных о классах земельного покрова. Дополнительными факторами для исследования проницаемости среды обитания, фрагментации ландшафта могут быть рельеф местности (абсолютная или относительная высота, уклон, изрезанность рельефа), расстояние до водоемов и водотоков, факторы влияния человека (расстояние от дорог, плотность дорог, плотность застройки и т. д.).

Исследуемой территорией была выбрана территория Белорусского Поозерья в границах Поозерской провинции в соответствии с действующим физико-географическим районированием территории Беларуси. Особенностью территории является наличие крупных лесных массивов в северной и северо-восточной части, что способствует беспрепятственному перемещению животных (расселения и миграций). Также для всего региона характерна высокая доля озер. Западная часть характеризуется средними значениями доли площадей под лесами, однако здесь расположены крупные ООПТ, имеющие специальные режимы охраны и использования.

Основными барьерами для перемещений животных, в Белорусском Поозерье как и в других регионах, служат селитебные ландшафты (населенные пункты и обширные сельхозугодья), а также автомагистрали и примыкающие к ним участки [3].

В качестве исходных данных использовались данные дистанционного зондирования земли (ДДЗ) ресурса Globeland30 и данные с сенсора LANDSAT-5 Thematic Mapper (для ретроспективной оценки динамики проницаемости среды). В итоге были получены растры, имеющие единую классификацию покрытия земель 1980-х – 2020 гг.

Дополнительными источниками информации служили векторные данные о линейных объектах, являющихся препятствиями для мобильности отдельных видов (дороги и реки) не выделенные на классифицированных растрах.

Для оценки проницаемости среды использовалось 10 индексов. Для расчета индексов (за исключением индексов связности ландшафта) была построена модель в ГИС ArcMap, вычисляющая данные индексы по исходной векторной сетке. Данные индексы перечислены в таблице 1.

В основу расчетов индексов связности ландшафтов взято семейство индексов сетевой доступности местообитаний, которые количественно определяют функциональную связанность на основе площади ключевых местообитаний, их пространственной конфигурации, расстояний между участками и возможностей расселения видов, обитающих в конкретных местообитаниях. Каждая связь между любыми двумя участками ai и aj характеризуется вероятностью расселения какого-либо вида p_{ij} , полученной как функция расстояния (в нашем случае евклидово (прямолинейное) расстояние от края до края), совпадающая с вероятностью 50% для среднего расстояния расселения видов (в нашем случае для средних способностей расселения модельных видов на 5 км и 10 км). Для целей нашего исследования мы использовали три индекса связанности – индекс корневой вероятности (RPC), индекс изоляции (IsoSI) и средний индекс связанности (APC), которые измеряют различные аспекты связанности, но получены

из одного и того же семейства. Информация о патч-областях рассматривается, либо по их произведению (как в случае RPC), либо только по одному из них на каждую пару (IsoSI рассматривает область патча назначения), либо ни по одному из них, как в случае APC. Для автоматизации процесса расчета индексов связанности ландшафта разработано программное обеспечение “Connectivity”, написанное на языке программирования Python 3.8.4 [4].

Таблица 1

Индексы оценки проницаемости среды

Индекс, единица	Характеристика индекса
Индексы структуры ландшафта (Area & Edge)	
PLAND (<i>Patch Density</i>)	Доля лесных участков на единицу площади
NP (<i>Number of Patches</i>)	Обратное число участков (в контуре)
PURBAN	Обратная удельная доля селитебных участков
PLAKES	Обратная удельная доля водных участков
Индексы конфигурации (Shape metrics)	
LPI (<i>Largest Patch Index</i>)	Отношение площади самого большого массива к общей площади лесов
Индексы связанности лесного ландшафта (Connectivity metrics)	
APC (<i>Average Probability of Connectivity</i>)	Средний индекс связанности
RPC (<i>Root Probability of Connectivity</i>)	Индекс корневой вероятности
IsoSI (<i>Isolation Sensitive Index</i>)	Индекс изоляции
Барьерные индексы	
ROADS, км	Нормализованная протяженность дорог национального и регионального значения (в контуре)
RIVERS, км	Нормализованная протяженность рек (в контуре)

В результате получены данные о проницаемости среды для млекопитающих на территорию Белорусского Поозерья, а также рассчитан общий, интегральный индекс по имеющимся данным, а также выполнена оценка динамики показателей за исследуемый период (рис. 1).

Разработанные модели проницаемости среды обитания были сопоставлены с данными статистической отчетности по плотности популяций рыси, бурого медведя и барсука, полученных от охотпользователей (табл. 2). Для этого данные по плотности популяций нанесены на квадраты тех же размеров, что были использованы для расчета индексов. Для краевых зон охотхозяйств использовали средневзвешенное значение плотности популяций.

1980
2020

Оценка проницаемости среды для Рыси
(модельный вид)
Динамика показателя Integral

Максимальное значение: 0.22
Минимальное значение: -0.27
Среднее: 0
Медиана: 0
Стандартное отклонение: 0.06

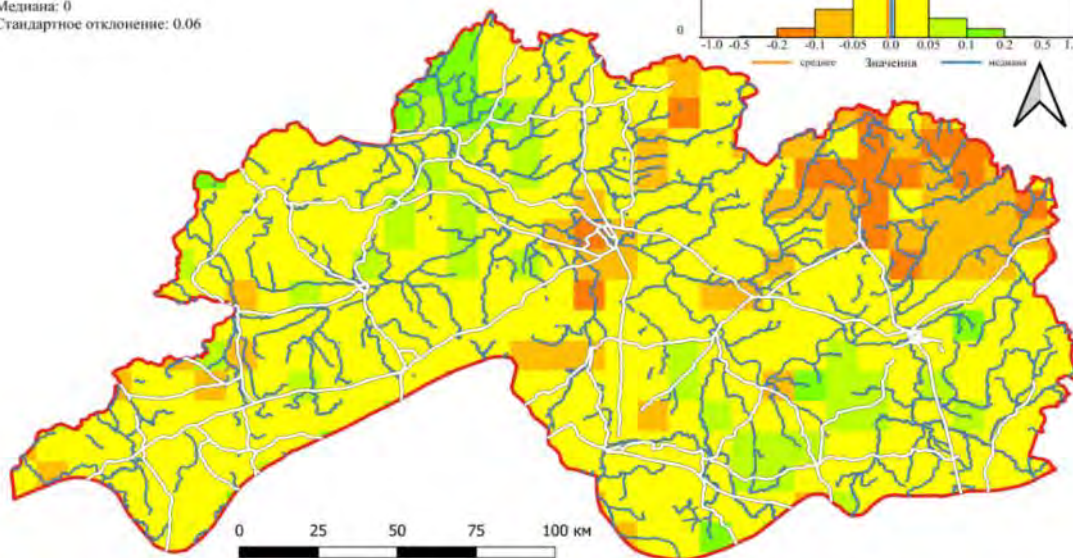
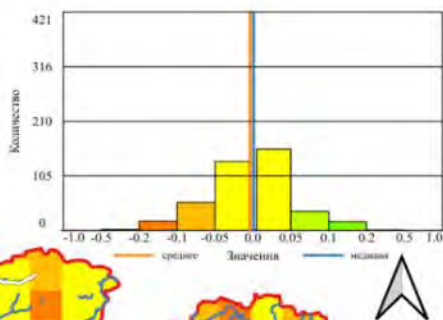


Рис. 1. Динамика интегрального индекса для Рыси

Таблица 2

Интегральный индекс	Плотность популяции, ос. на 10 км ² (min-max (среднее))		
	Барсук	Рысь	Медведь
0-0,1	0	0	0
0,1-0,2	0	0	0
0,2-0,3	0	0	0
0,3-0,4	0	0	0
0,4-0,5	0-3,15 (0,46)	0-0,47(0,11)	0-0,27(0,07)
0,5-0,6	0-3,18 (0,68)	0-0,55(0,14)	0-0,28(0,11)
0,6-0,7	0-2,22 (0,62)	0-0,32(0,16)	0-0,98(0,18)
0,7-0,8	0-0,97 (0,40)	0-0,28(0,17)	0-1,61 (0,67)
0,8-0,9	0	0	0
0,9-1,0	0	0	0

Как видно из представленного материала, с увеличением значения интегрального индекса до 0,7 агрегированные средние и максимальные значения плотности популяций видов хищных млекопитающих также возрастают. Однако, при значениях интегрального индекса более 0,7 увеличение агрегированных значений плотности видов не наблюдается. Это говорит о том, что плотность популяций в настоящее время соответствует или нахо-

дится ниже потенциальной средней емкости местообитаний для этих видов на территории Поозерья и не достигает возможных максимальных значений. В будущем, по мере увеличения плотности популяций, будет наблюдаться более активное расселение особей, и в этом случае данные по плотности популяции видов и характер их расселения будет все больше соответствовать разработанной нами модели проницаемости среды обитания.

Разработана модель расчета индексов проницаемости среды обитания различных видов животных. На основании полученных индексов построены Модели проницаемости среды обитания на территории Белорусского Поозерья. Проведен анализ временной динамики проницаемости природных сред для модельных видов животных за последние 40 лет с использованием технологий дистанционного зондирования земли (ДДЗ) и инструментария геоинформационных систем (ГИС). Выполнено сопоставление полученных результатов с данными плотностей популяции видов, для оценки работы модели и полученных результатов.

Библиографические ссылки

1. Connectivity conservation management : in Protected Area Governance and Management / I. Pulsford [et al.] // Eds.: G. L. Worboys [et al.]. Canberra : ANU Press. 2015. P. 851–888.

2. Singleton P., Gaines W. L., Lehmkuhl J. F. Landscape permeability for large carnivores in Washington: a geographic information system weighted-distance and least-cost corridor assessment. Res. Pap. PNW-RP-549. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station. 2002. 89 p.

3. Моделирование проницаемости среды обитания (наличия коридоров и барьеров для перемещений) для модельных видов животных Белорусского Поозерья с использованием данных дистанционного зондирования (ДЗЗ) и программного инструментария геоинформационных систем (ГИС) : отчет о НИР (промежут. Этап 1) / ГНПО «НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам» ; рук. А. А. Сидорович. Минск, 2022. 101 с. № ГР 20210242.

4. Максимов М. М., Даглиц В. Ю., Сидорович А. А. Разработка методики моделирования и оценки проницаемости среды обитания млекопитающих на территории Белорусского Поозерья по данным дистанционного зондирования земли средствами ГИС // ГИС-технологии в науках о Земле : материалы респ. науч.-практ. семинара студентов и молодых ученых, Минск, 16 нояб. 2022 г. / Белорус. гос. ун-т ; редкол.: А. А. Сазонов (гл. ред.) [и др.]. Минск : БГУ, 2022. С. 101–107.