

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Travel & Tourism set to Break All Records in 2024, reveals WTTC // World Travels&Tourism Council. – URL: <https://wttc.org/news-article/travel-and-tourism-set-to-break-all-records-in-2024-reveals-wttc> (date of access: 17.03.2025).

2. Dupeyras, A. Indicators for Measuring Competitiveness in Tourism : A Guidance Document / A. Dupeyras, N. MacCallum // OECD Tourism Papers, 2013/02. – Paris : OECD Publishing, 2013. – URL: <http://dx.doi.org/10.1787/5k47t9q2t923-en> (date of access: 17.03.2025).

3. Проект Национальной стратегии устойчивого развития Республики Беларусь на период до 2040 года / М-во экономики Респ. Беларусь, НИЭИ М-ва экономики Республики Беларусь. – Минск, 2024. – 118 с. – URL: <https://economy.gov.by/uploads/files/NSUR/proekt-Natsionalnoj-strategii-ustojchivogo-razvitiya-na-period-do-2040-goda.pdf> (дата обращения: 17.03.2025).

УДК 911.52

**В. М. ЯЦУХНО, Ю. С. ДАВИДОВИЧ**

Беларусь, Минск, БГУ

E-mail: [yatsukhno@bsu.by](mailto:yatsukhno@bsu.by), [seg98001@gmail.com](mailto:seg98001@gmail.com)

## **ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ И ВНУТРИРЕГИОНАЛЬНОГО РАЗЛИЧИЯ ФРАГМЕНТАЦИИ ЛАНДШАФТОВ БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ И ГЕОИНФОРМАЦИОННОГО АНАЛИЗА**

Для Республики Беларусь, отличающейся довольно высоким уровнем использования и антропогенного преобразования слагающих ландшафтов природных экосистем, актуальными и практически востребованными являются выявление, картографирование и оценка факторов и последствий трансформации их пространственной структуры. К числу многочисленных угроз и вызовов, негативно влияющих на морфологические и функциональные особенности природных экосистем, относится чрезмерная их фрагментация. Под фрагментацией ландшафтов понимается нарушение, дробление (гетерогенизация) целостности растительного покрова ландшафтов, представленных лесными, древесно-кустарниковыми, водо-болотными, естественными

луговыми экосистемами, способствующее увеличению изоляции их ареалов распространения и усилию процессов деградации природной среды и отдельных ее компонентов. Фрагментация ландшафтов обусловлена расширением площадей под населенными пунктами, объектами транспортной инфраструктуры, нефте- и газопроводов, линий электропередачи, а также наличием в территориальной структуре значительной доли (свыше 40 %) сельскохозяйственных земель, 46 % из которых представлены мелиоративно освоенными их вариантами.

Следует признать, что до настоящего времени в Беларуси исследования процессов фрагментации ландшафтов и их пространственной локализации не нашли должного развития и затрагивают лишь локальный уровень ее проявления на небольших территориях [1]. Для получения оперативной и объективной информации о пространственной картине проявления фрагментации ландшафтов на республиканском, региональном и ландшафтном уровнях перспективно использовать данные дистанционного зондирования Земли, а при определении количественных композиционных и конфигурационных ее характеристик применять метрические показатели (индексы), расчет которых выполняется с использованием инструментов в сфере ГИС-технологий [2; 3].

Объектом проведенных нами исследований являлись природные экосистемы Полесской провинции водно-ледниковых, озерно-аллювиальных и аллювиально-террасированных ландшафтов (региональный уровень) и 13 групп, объединяющих близкие по генетико-морфологическим свойствам виды ландшафтов (субрегиональный уровень) [4]. Для автоматического дешифрирования аэрокосмоснимков использовались мультиспектральные снимки спутниковой системы Sentinel-2A/B, Landsat 8/9 и БКА в летний и весенний период на территории изучаемого региона. Все расчеты производились в программном продукте ArcGIS Pro 2.8 на операционной системе Windows 10 с использованием алгоритмов построения пользовательских инструментов геообработки пространственных данных на основе геомоделей ModelBuilder. Для вычисления метрик фрагментации ландшафтов применялся разработанный авторами специализированный программный модуль для ArcGIS 10.8 [5]. Определение степени фрагментации ландшафтов базировалось на результатах оценки метрических показателей (индексов) площади, конфигурации, мозаики, соседства, связности отдельных выделов экосистем [6]. На основании полученных данных, характеризующих разную степень фрагментации ландшафтов, были составлены цифровые карты масштаба 1 : 200 000 с размером стороны ячейки 2 × 2 км для Белорусской провинции и масштаба 1 : 50 000

с размером стороны ячейки  $1 \times 1$  км для каждого из 13 групп ландшафтных районов, расположенных на территории провинции. Определение метрик фрагментации ландшафтов производилось суммарно для всех типов вышеуказанных природных экосистем (рисунок, таблица).

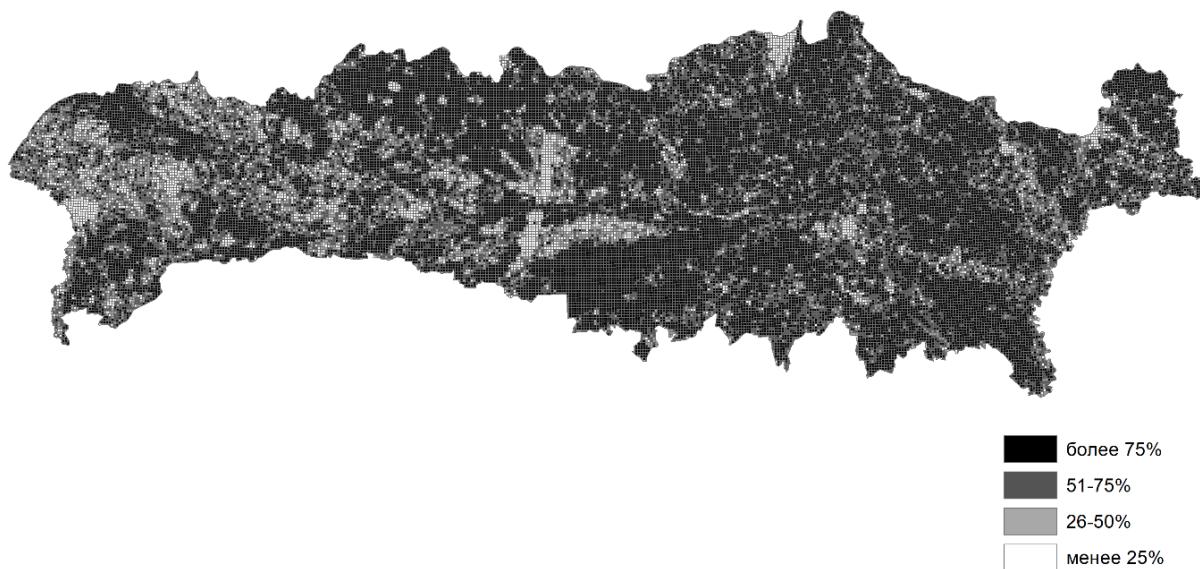


Рисунок – Фрагментация ландшафтов естественных экосистем Полесской провинции водно-ледниковых, озерно-аллювиальных и аллювиально-террасированных ландшафтов

Таблица – Количественные метрики фрагментации ландшафтов естественных экосистем на региональном и ландшафтном уровнях

Ландшафтные районы	Ландшафтные индексы и метрики										
	MP	PLAND	MPS	PD	LSI	MSI	MPAR	MESH	SHEI	I <sub>f</sub>	SPLIT
Естественные экосистемы											
Полесская провинция	92,4	74,3	1,3	0,6	296,4	1,4	0,0001	2285,5	0,00698577	3,5	0,001
Высоковско- Пружанский	4,5	59,0	1,2	0,5	60,3	1,4	0,0008	237,1	0,04371083	3,8	0,004
Мухавецкий	8,3	59,1	1,0	0,6	83,4	1,4	0,0005	93,3	0,000000158	4,2	0,011
Прибужский	1,8	68,1	1,4	0,5	38,5	1,4	0,0018	688,1	0,000000024	3,3	0,002
Ясельско- Щарский	5,9	76,9	1,8	0,4	74,3	1,4	0,0005	306,0	0,000000003	3,0	0,003
Загородский	3,3	55,5	1,1	0,5	52,0	1,5	0,0013	46,0	0,000000014	4,1	0,022
Пинско- Туровский	7,1	78,8	1,3	0,6	90,5	1,4	0,0005	1126,7	0,000000681	3,7	0,001
Лунинецко- Житковичский	9,2	77,0	1,5	0,5	89,6	1,4	0,0003	2956,3	0,00000738	3,1	0,001

*Продолжение таблицы*

Оресский	10,6	73,5	1,3	0,6	93,1	1,4	0,0003	400,9	0,00001378	3,3	0,003
Лельчицко-Ельский	9,3	75,1	1,3	0,6	95,2	1,4	0,0004	2660,6	0,00000001	3,6	0,001
Иппа-Тремлянский	6,5	76,1	1,3	0,6	88,9	1,4	0,0006	312,2	0,02254216	3,9	0,003
Приднепровский	11,2	77,5	1,4	0,6	108,0	1,4	0,0003	1965,9	0,00000004	3,5	0,001
Наровлянско-Брагинский	7,4	77,5	1,0	0,8	91,1	1,4	0,0006	1033,5	0,00002837	4,3	0,001
Днепровско-Сожский	7,4	73,2	1,1	0,7	82,9	1,4	0,0005	330,7	0,00000008	3,8	0,003

Примечание – MP – количество выделов (патчей) естественных экосистем, тыс. шт.; PLAND – процент естественных экосистем, %; MPS – средний размер (площадь) фрагмента (патча), км<sup>2</sup>; PD – плотность фрагмента, шт/км<sup>2</sup>; LSI – индекс формы; MSI – средний индекс формы; MPAR – отношение периметра к площади; MESH – эффективный размер ячейки, км<sup>2</sup>; SHEI – индекс равномерности Шеннона, I<sub>Ф</sub> – отношение периметра участка к его площади; SPLIT – индекс разделения.

В результате проведенного автоматического дешифрирования было установлено, что для региона Белорусского Полесья характерна довольно высокая степень дробления (гетерогенизации) природных экосистем, обусловленная главным образом наличием в территориальной структуре значительной доли сельскохозяйственных, в т. ч. мелиорированных, земель. Так, общее количество отдельных выделов (patches) разной размерности превышает 92 тыс., площадь которых составляет более 74 % от площади региона. При этом отмечены существенные различия этих показателей на ландшафтном уровне. Наиболее выраженная фрагментация природных экосистем по этому показателю отмечена в Приднепровском ландшафтном районе (11,2 тыс. выделов), а минимальные ее значения – в Загородском ландшафтном районе, в котором число отдельных выделов природных систем составляет 3,3 тыс.

Что касается среднего по площади отдельного выдела природных экосистем в регионе Белорусского Полесья, то она составляет 1,3 км<sup>2</sup>. При этом она существенно рознится между ландшафтными районами, максимально достигая 1,8 км<sup>2</sup> в Ясельдско-Щарском ландшафтном районе и снижаясь до 1 км<sup>2</sup> в Наровлянско-Брагинском ландшафтном районе. Наиболее полно фрагментацию ландшафтов отражает показатель размера эффективной ячейки (MESH), характеризующий связность между выделами природных экосистем ландшафтов, базирующийся на вероятности того, что две случайно выбранные точки территории находятся в одном контуре, который не прерывается барьерами.

Так, ее величина в целом для региона достигает 2285,5 км<sup>2</sup> и колеблется от 46 км<sup>2</sup> в Загородском ландшафтном районе до 2956,3 км<sup>2</sup> в Лунинецко-Житковичском ландшафтном районе.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Наземные и дистанционные методы оценки состояния экосистем особо охраняемых природных территорий / под общ. ред. Д. Г. Груммо, А. В. Судника. – Минск : Беларус. наука, 2023. – 351 с.
2. Frazier, A. E. Landscape metrics: past, progress and future direction / A. E. Frazier, P. Kedron // Current Landscape Reports. – 2017. – № 2. – Р. 63–72.
3. Jongman, R. H. G. Homogenisation and fragmentation of European landscape: ecological consequences and solution / R. H. G. Jongman // Landscape and Urban Planning. – 2002. – № 58. – Р. 211–221.
4. Счастная, И. И. Структура природных ландшафтов и ее роль в создании схемы ландшафтного районирования Беларуси / И. И. Счастная, Д. С. Воробьев // Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология. – 2022. – № 1. – С. 28–41.
5. Яцухно, В. М. Региональная и внутрирегиональная оценка фрагментации ландшафтов (на примере Белорусского Поозерья) / В. М. Яцухно, Ю. С. Давидович // Современные проблемы ландшафтования и геоэкологии : материалы VII Междунар. науч. конф., посвящ. 90-летию каф. геогр. экологии Белорус. гос. ун-та, Минск, 11–15 нояб. 2024 г. / Белорус. гос. ун-т ; редкол.: А. Н. Витченко (гл. ред.) [и др.]. – Минск : БГУ, 2024. – С. 42–47.
6. Tichendorf, L. On the use of connectivity measures in spatial ecology. A reply / L. Tichendorf, L. Fahrig // Oikos. – 2001. – № 95. – Р. 152–154.