

**РЕГИОНАЛЬНАЯ И ВНУТРИРЕГИОНАЛЬНАЯ ОЦЕНКА
ФРАГМЕНТАЦИИ ЛАНДШАФТОВ
(НА ПРИМЕРЕ БЕЛОРУССКОГО ПООЗЕРЬЯ)**

В. М. Яцухно, Ю. С. Давидович

*Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь,
yatsukhno@bsu.by, seg98001@gmail.com*

Данная статья посвящена слабо изученной проблеме фрагментации наземных экосистем Беларуси на провинциальном и ландшафтном уровнях. Наиболее перспективным и эффективным методом исследования и оценки фрагментации ландшафтов является использование данных дистанционного зондирования Земли как наиболее объективных и оперативных сведений. Использование инструментов в среде геоинформационных технологий позволяет определить метрические композиционные и конфигурационные показатели, характеризующие степень фрагментации ландшафтов в автоматическом режиме обработки материалов аэрокосмических съемок. Выявлены существенные межландшафтные различия в проявлении фрагментации наземных экосистем ландшафтов в пределах Белорусского Поозерья.

Ключевые слова: фрагментация; наземные экосистемы; Белорусское Поозерье; метрики фрагментации; данные дистанционного зондирования Земли.

Введение. В ходе хозяйственного освоения и использования территории Беларуси, слагающие ее природные ландшафты претерпели значительные структурно-функциональные изменения, выразившиеся, прежде всего, в нарушении цельности и пространственного охвата природных экосистем, уменьшении их биологического и ландшафтного разнообразия [1, 3, 4]. Негативным последствием этого является чрезмерная фрагментация наземных экосистем, обусловленная расчленением и последующим гетерогенизацией крупных цельных естественных массивов на более мелкие и изолированные участки. Формирование последних является результатом крупноплощадного агрохозяйственного, в том числе мелиоративного, использования земельного фонда, создания развитой сети и объектов транспортной инфраструктуры, линий электропередач, системы коммуникаций, расширение городских поселений, рекреационных зон, промышленного и гражданского строительства и др.

Фрагментация ландшафтов, обусловленная в первую очередь расчленением растительного покрова, является принципиально новым фактором естественной динамики природной среды. Фрагментация влечет за собой развитие мощного процесса антропогенной трансформации – экотонизации границ природных и антропогенных экосистем, формирования сравнительно широких переходных полос между природными экосистемами и их антропогенными модификациями.

Проблема фрагментации ландшафтов является актуальной и практически востребованной для условий Беларуси вследствие расширения населенных пунктов, дорожной сети, строительства промышленных и инфраструктурных объектов, линий электропередач, нефте- и газопроводов и др.

Материалы и методы исследований. При выборе территориальных объектов исследования и последующей оценки фрагментации ландшафтов учитывался и был использован полимасштабный подход ее проявления. Главной особенностью указанного подхода является рассмотрение масштабности разных иерархических уровней (регионального, субрегионального, ландшафтного и топологического) в пределах изучаемой территории. В качестве объектов фрагментации на ландшафтном уровне использованы 13 ландшафтных районов Поозерской провинции озерно-ледниковых, моренно-озерных и холмисто-моренно-озерных ландшафтов, выделенных по набору генетически однородных и территориально близких видов ландшафтов [5].

В процессе автоматизированного дешифрирования данных дистанционного зондирования Земли использовались мультиспектральные снимки спутниковых систем Suomi NPP, Sentinel-2A/B, Landsat8/9 и БКА на летний и весенний период на территории изучаемых регионов. 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 геомodelей ModelBuilder.

Для вычисления метрик фрагментации ландшафтов использовался разработанный авторами специализированный программный модуль для ArcGIS [3]. Для количественной характеристики и определения степени фрагментации ландшафтов предлагается применять метрические показатели (индексы), перечень которых подробно изложен в работах [2, 6, 7].

Для оценки фрагментации естественных и лесных экосистем Поозерской провинции озерно-ледниковых, моренно-озерных и холмисто-моренно-озерных ландшафтов были составлены карты масштаба 1: 500 000 с пространственным разрешением ячейки 5 километров (рисунок 1, 2).

Результаты и их обсуждение. По результатам определения метрик (показателей) фрагментации ландшафтов определяется площадь сокращения экосистем ландшафтов, а также учитываются показатели связности, непрерывности, формы контуров экосистем и их взаиморазмещение, что позволяет с количественной определенностью устанавливать степень фрагментации ландшафтов. Исходя из размера площади сохранившихся природных экосистем в данном масштабе в ландшафтах их можно ранжировать на: очень трансформированные – менее 25 %; сильно – 25–50 %; средне – 50–75 %; слабо трансформированные – более 75 %. Расчетные показатели метрик фрагментации ландшафтов приведены в таблице.

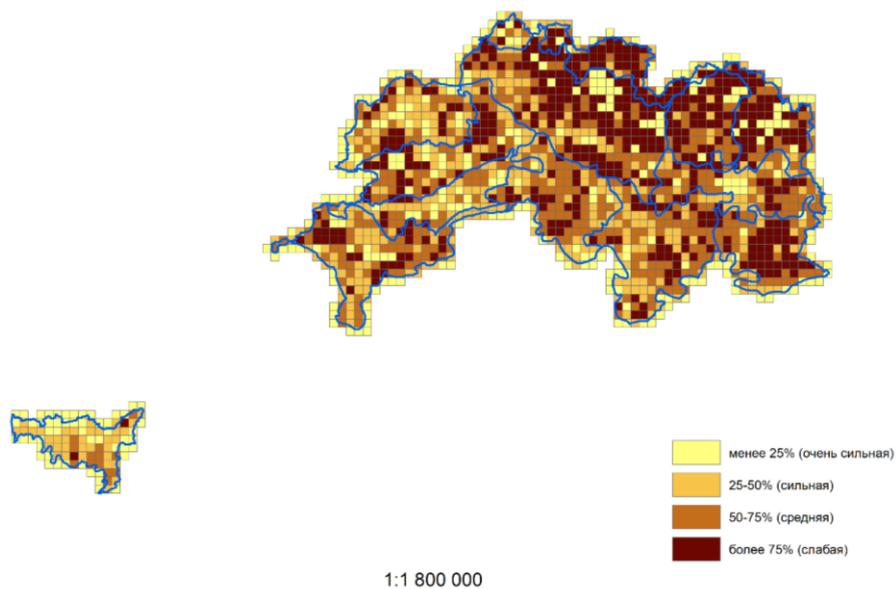


Рис. 1. Фрагментация ландшафтов естественных экосистем Поозерской провинции озерно-ледниковых, моренно-озерных и холмисто-моренно-озерных ландшафтов (картографическая основа 1: 500 000)

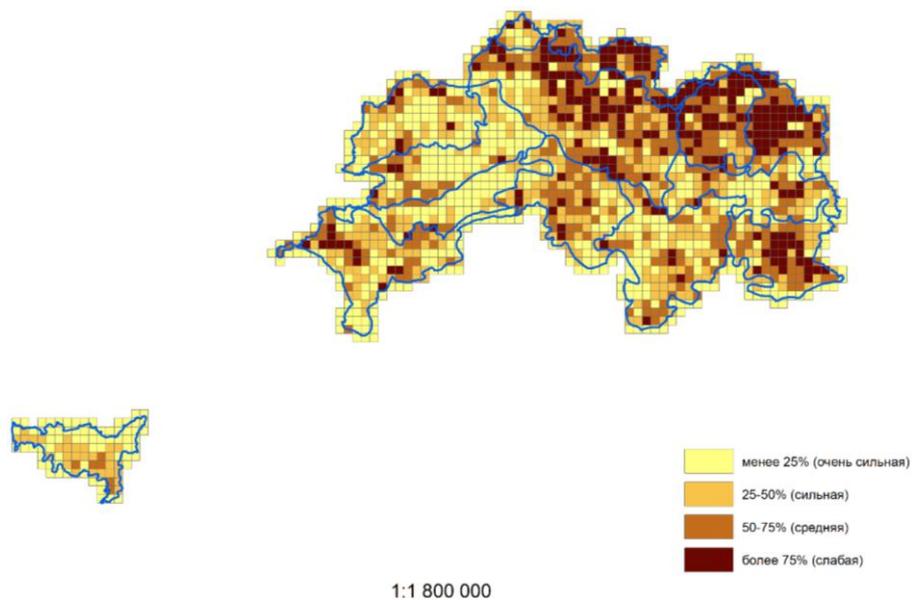


Рис. 2. Фрагментация ландшафтов лесных экосистем Поозерской провинции озерно-ледниковых, моренно-озерных и холмисто-моренно-озерных ландшафтов (картографическая основа 1: 500 000)

Количественные метрики фрагментации ландшафтов на региональном и ландшафтном уровнях

Ландшафтные районы	Ландшафтные индексы и метрики								
	MP	PLAND	MPS	PD	LSI	MSI	MPAR	MESH	SHEI
Естественные экосистемы									
Поозерская провинция	3172	62,71	7,59	0,097	14,95	1,37	0,0075	356,30	0,006010029
Свенцяно-Нарочанский	381	61,56	5,25	0,117	17,64	1,35	0,00467	86,38	0,001436775
Поставско-Глубокский	226	42,03	3,52	0,119	12,41	1,39	0,01065	11,17	0,000045103
Дисненский	298	60,97	6,00	0,102	16,34	1,40	0,00589	39,90	0,049009428
Браславский	334	49,70	3,98	0,125	15,73	1,33	0,00649	20,40	0,011713636
Освейско-Езерищенский	101	79,66	14,93	0,053	11,69	1,43	0,01184	756,20	0,000598330
Полоцкий	417	75,73	10,79	0,070	20,67	1,35	0,00301	1141,32	0,000002596
Городокский	115	79,55	14,18	0,056	10,56	1,32	0,00904	1008,58	0,000011879
Суражский	120	84,04	14,58	0,058	11,41	1,41	0,00879	1005,02	0,013452739
Витебский	324	56,11	4,35	0,129	16,57	1,38	0,00645	33,06	0,000372924
Лучосинский	219	70,47	7,33	0,096	14,01	1,37	0,00674	398,48	0,000015135
Среднедвинский	432	58,96	5,27	0,112	20,12	1,36	0,00451	43,31	0,001160729
Ушачский	349	57,51	4,80	0,120	17,39	1,34	0,00569	76,74	0,000311095
Котринский	171	38,88	3,66	0,106	9,81	1,37	0,01304	11,33	0,000000017

Окончание таблицы

Ландшафтные районы	Ландшафтные индексы и метрики								
	MP	PLAND	MPS	PD	LSI	MSI	MPAR	MESH	SHEI
Лесные экосистемы									
Поозерская провинция	881	39,34	28,02	0,034	8,22	1,55	0,0246	508,9	0,0001601128
Свенцяно-Нарочанский	113	39,89	11,48	0,035	9,04	1,50	0,01246	82,49	0,001806170
Поставско-Глубокский	61	21,73	6,74	0,032	5,45	1,60	0,03351	9,57	0,000059470
Дисненский	72	26,75	10,89	0,025	6,47	1,59	0,02199	21,10	0,065287139
Браславский	118	31,04	7,04	0,044	8,23	1,44	0,01540	18,61	0,014268307
Освейско-Езерищенский	22	66,65	57,35	0,012	8,21	1,84	0,04563	753,52	0,000893344
Полоцкий	93	59,94	38,30	0,016	12,38	1,54	0,01022	1139,23	0,000003455
Городокский	15	71,17	97,24	0,007	7,20	1,74	0,05279	1008,26	0,000020813
Суражский	20	71,39	74,31	0,010	7,07	1,71	0,03848	1004,21	0,021498876
Витебский	89	33,70	9,51	0,035	7,93	1,50	0,01871	31,19	0,000480275
Лучосинский	45	53,26	26,95	0,020	7,48	1,62	0,02318	396,94	0,000021427
Среднедвинский	119	38,50	12,48	0,031	10,46	1,52	0,01303	41,95	0,001473868
Ушачский	113	41,77	10,76	0,039	10,18	1,50	0,01416	75,99	0,000385305
Котринский	107	26,48	3,98	0,067	6,76	1,41	0,02109	7,63	0,000000018

Заключение. В настоящее время при изучении, оценке и картографировании фрагментации ландшафтов Беларуси наиболее востребованным инструментом выявления пространственного сочетания наземных экосистем являются космические мультиспектральные снимки разного пространственного разрешения. Необходимость их применения объясняется объективностью, масштабом охвата изучаемых территорий и слагающих их ландшафтов, а также доступностью и возможностью обработки в современных программных продуктах.

Представленные результаты исследований получены при выполнении мероприятия 16 «Разработать систему оценки фрагментации ландшафтов Беларуси с применением данных дистанционного зондирования Земли с целью регулирования антропогенных нагрузок на них и сохранения биоразнообразия экосистем» подпрограммы 6 «Исследование и использование космического пространства в мирных целях» Государственной программы «Наукоемкие технологии и техника» на 2021–2025 гг.

Библиографические ссылки

1. *Гусев А. П.* Фрагментация ландшафтного покрова как фактор деградации потенциала самовосстановления геосистем // *Весті БДПУ*. 2014. Серья 3, № 1. С. 58–61.
2. *Давидович Ю. С., Яцухно В. М.* Исследование и оценка фрагментации ландшафтов Беларуси с использованием методов дистанционного зондирования // *Материалы I Белорусского географического конгресса: к 90-летию факультета географии и геоинформатики Белорусского государственного университета и 70-летию Белорусского географического общества*. Минск. 8–13 апр. 2024 г. В 7 ч. Ч. 5. Актуальные проблемы геоэкологии и ландшафтоведения / *Белорус. гос. ун-т; редкол.: Е.Г. Кольмакова (гл. ред.) [и др.]*. Минск : БГУ, 2024. С. 81–87.
3. *Давидович Ю. С., Яцухно В. М.* Оценка фрагментации наземных экосистем ландшафтов Беларуси по данным дистанционного зондирования Земли // *Актуальные проблемы наук о Земле: исследования трансграничных регионов: сб. материалов VI Междунар. науч.-практ. конф., Брест, 26–28 окт. 2023 г.: в 2 ч. / Ин-т природопользования НАН Беларуси. Брест. гос. ун-т им. А.С. Пушкина. Брест. гос. техн. ун-т; редкол.: С.А. Лысенко (гл. ред.) [и др.]*. Брест : БрГУ, 2023. Ч. 2. С. 42–45.
4. *Скачкова А. С., Яцухно В. М.* Планирование территориальных схем экологических сетей на основе результатов оценки фрагментации и разнообразия ландшафтов // *Земля Беларуси*. 2016. № 4. С. 25–29.
5. *Счастливая И. И., Воробьев Д. С.* Структура природных ландшафтов и ее роль в создании схемы ландшафтного районирования Беларуси // *Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология*. 2022. № 1. С. 28–41.
6. *Frazier A. E., Kedron P.* Landscape Metrics: Past Progress and Future Directions // *Current Landscape Ecology Reports*. 2017. № 2. P. 63–72.
7. *Rutledge D. T., Miller C. J.* The use of landscape indices in studies of the effects of habitat loss and fragmentation // *Naturschutz and Landschaftsplanung*. 2006. № 38. P. 300–307.