

ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ФРАГМЕНТАЦИИ ЛАНДШАФТОВ БЕЛАРУСИ

Ю. С. Давидович¹⁾, Е. С. Фруль²⁾, В. М. Яцухно³⁾, В. А. Сипач⁴⁾

¹⁾ *Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4, 2203030, Беларусь, email: seg98001@gmail.com;*

²⁾ *Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4, 2203030, Беларусь, email: zhenyafrul@yandex.ru*

³⁾ *Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4, 2203030, Беларусь, email: yatsukhno@bsu.by;*

⁴⁾ *УП «Геоинформационные системы», ул. Сурганова, 6, 220012, Беларусь, email: slava-sipach@tut.by*

В работе рассматриваются вопросы оценки фрагментации наземных экосистем Беларуси на 4 полимасштабных уровнях (национальном, региональном, субрегиональном и локальном) с использованием разработанного авторами специализированного программного комплекса. Наиболее перспективным и эффективным методом исследования и оценки фрагментации ландшафтов является использование данных дистанционного зондирования Земли как наиболее объективных и оперативных сведений по данному вопросу. Использование инструментов в среде геоинформационных технологий позволяет определить метрические композиционные и конфигурационные показатели, характеризующие степень фрагментации ландшафтов в автоматическом режиме обработки материалов аэрокосмических съемок.

Ключевые слова: фрагментация ландшафтов; программный комплекс; данные дистанционного зондирования Земли.

GEOINFORMATION METHODS FOR ASSESSING FRAGMENTATION OF LANDSCAPES IN BELARUS

Y. S. Davidovich¹⁾, E. S. Frul²⁾, V. M. Yatsukhno³⁾, V. A. Sipach⁴⁾

¹⁾ *Belarusian State University, 4 Niezaliežnasci Avenue, 220030, Belarus, email: seg98001@gmail.com;*

²⁾ *Belarusian State University, 4 Niezaliežnasci Avenue, 220030, Belarus, email: zhenyafrul@yandex.ru*

³⁾ *Belarusian State University, 4 Niezaliežnasci Avenue, 220030, Belarus, email: yatsukhno@bsu.by;*

⁴⁾ *UE «Geoinformation systems», 6 Surganova Street, 220012, Belarus, email: slava-sipach@tut.by*

The paper examines the issues of assessing the fragmentation of terrestrial ecosystems of Belarus at 4 multiscale levels (national, regional, subregional and local) using a specialized software package developed by the authors. The most promising and effective method for studying and assessing landscape fragmentation is the use of Earth remote sensing data as the most objective and timely information on this issue. The use of tools in the environment

of geoinformation technologies allows us to determine metric compositional and configuration indicators characterizing the degree of landscape fragmentation in the automatic mode of processing aerospace survey materials.

Keywords: landscape fragmentation; software package; Earth remote sensing data.

В ходе длительного 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 [1–4]. К числу существенных негативных последствий этого является чрезмерная фрагментация наземных экосистем, обусловленная расчленением и последующим гетерогенизацией крупных цельных естественных массивов на более мелкие и изолированные их 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 их растительного покрова, является принципиально новым фактором естественной динамики природной среды. Фрагментация влечет за собой развитие другого 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 весьма 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.

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 (национального, регионального, субрегионального и локального) в пределах изучаемой территории.

Для оценки фрагментации естественных экосистем на различных территориальных уровнях авторами был разработан программный комплекс системы оценки фрагментации ландшафтов с применением данных дистанционного зондирования Земли с целью регулирования антропогенных

нагрузок на них и сохранения биоразнообразия экосистем (ПК СОФЛ). ПК СОФЛ состоит из:

- модулей первичной обработки и получения данных ДЗЗ и тематического дешифрирования для построения карт ландшафтов республиканского (национального), регионального, субрегионального и локального территориальных уровней;

- модуля определения информационных метрик (количественных показателей пространственной структуры и конфигурации отдельных изолированных природных экосистем в ландшафтах;

- модуля установления степени фрагментации и составления разномасштабных (1:500 000, 1:200 000, 1:100 000 и 1:50 000) карт.

Перечисленные выше программные модули разработаны на технической базе УП «Геоинформационные системы» и НИЛ экологии ландшафтов БГУ в программных продуктах ArcGIS 10.8 и ArcGIS Pro 3.2 на операционной системе Windows 10 с использованием алгоритмов построения пользовательских инструментов геообработки пространственных данных на основе геомodelей ModelBuilder.

Программный комплекс построения ландшафтных карт национального уровня создает классифицированный вектор фрагментации ландшафтов национального уровня на территорию Беларуси. На первом этапе автоматизировано скачиваются снимки Suomi NPP на два фенологические периода, закрывающие всю территорию Беларуси. Строятся спектральные индексы NDVI, NDWI и NBR и комбинируются в одно изображение с вырезанной облачностью. Далее два комбинированных изображения классифицируются, и выдается вектор, содержащий данные естественных лугов и сельскохозяйственных полей, и вектор лесов. На последнем этапе создается классифицированный вектор на основе сетки на исследуемую территорию.

Программный комплекс построения ландшафтных карт регионального уровня создает классифицированный вектор фрагментации ландшафтов регионального уровня на исследуемую ландшафтную провинцию. На первом этапе автоматизировано скачиваются снимки Landsat-8/9 на два фенологические периода, закрывающие всю исследуемую территорию. Строятся спектральные индексы NDVI, NDWI, NBR, NDTI и комбинируются в одно изображение с вырезанной облачностью. Далее два комбинированных изображения классифицируются и выдается вектор, содержащий данные естественных лугов и сельскохозяйственных полей, и вектор лесов. На последнем этапе создается классифицированный вектор на основе сетки на исследуемую территорию.

Программный комплекс построения ландшафтных карт субрегионального уровня создает классифицированный вектор фрагментации

ландшафтов субрегионального уровня на исследуемый административный район. На первом этапе автоматизировано скачиваются снимки Sentinel 2 на два фенологические периода, закрывающие всю исследуемую территорию. Строятся спектральные индексы NDVI, NDWI, NBR, NDTI и комбинируются в одно изображение с вырезанной облачностью. Далее два комбинированных изображения классифицируются и выдается вектор, содержащий данные естественных лугов и сельскохозяйственных полей, и вектор лесов. На последнем этапе создается классифицированный вектор на основе сетки на исследуемую территорию.

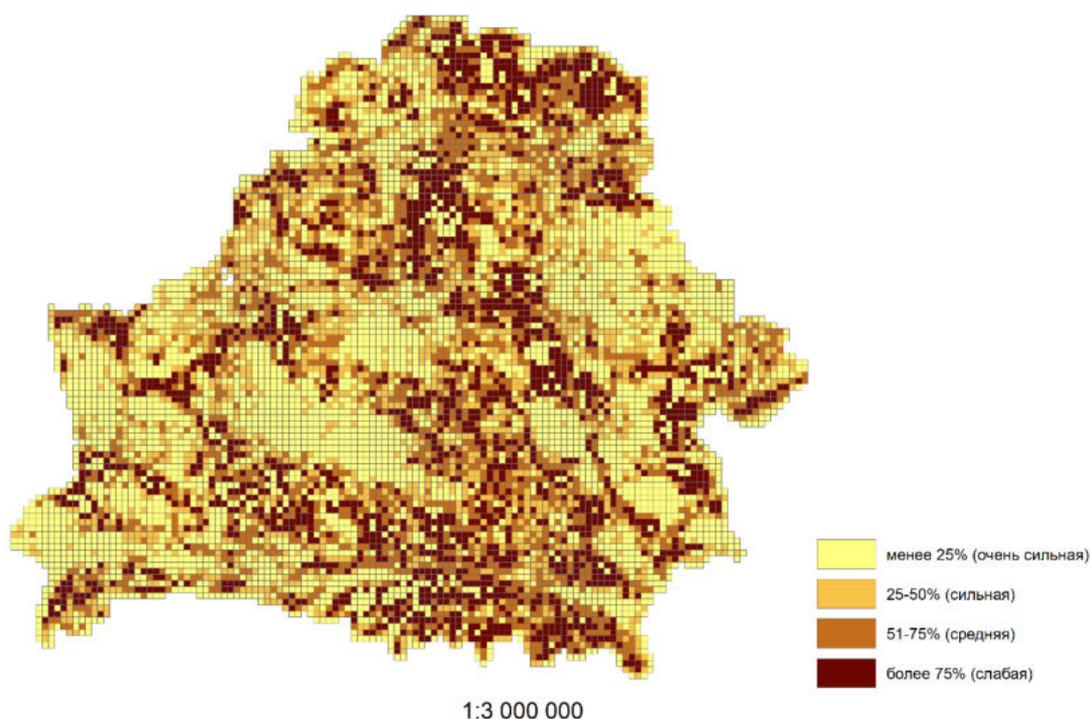
Программный комплекс построения ландшафтных карт локального уровня создает классифицированный вектор фрагментации ландшафтов локального уровня на исследуемый административный район. Согласно данным полей LANDTYPE и LANDCODE входного вектора земельной информационной системы Беларуси (ЗИС) по заданному правилу происходит переклассификация с добавлением полей classname и classvalue, отвечающих за имя и номер класса.

Для количественной характеристики и определения степени фрагментации ландшафтов предлагается применять метрические показатели (индексы): MP – количество патчей каждого вида земель, ед.; PLAND – процент определенного вида земель, %; MPS – средний размер (площадь) фрагмента (патча), км²; PD – плотность фрагмента, ед./км²; LSI – индекс формы; MSI – средний индекс формы; MPAR – отношение периметра к площади; MESH – эффективный размер ячейки, км²; SHEI – индекс равномерности Шеннона. Для оценки фрагментации естественных и лесных экосистем Беларуси была составлена карта масштаба 1:3 000 000 с пространственным разрешением ячейки 5 километров (рис.).

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 %.

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.



Степень фрагментации естественных экосистем Беларуси

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 // Весці БДПУ. Серыя 3. 2014. № 1. С. 58–61.
2. 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.

3. *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.

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.