

УДК 528.9:004.9(234.8)(476.5)

КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ЗЕМЕЛЬ ПОД ДРЕВЕСНО-КУСТАРНИКОВОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТЬЮ НА ОСНОВЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ДЕШИФРИРОВАНИЯ

Д. А. Кислицын

*Белорусский государственный университет,
Минск, Беларусь, dimas_13082000@mail.ru*

В статье представлены результаты использования технологий автоматизированного дешифрирования разновременных космических снимков Landsat-5 и Sentinel-2 для анализа динамики земель под древесно-кустарниковой растительностью в пределах территории Новогрудской возвышенности за период с 1999 по 2023 гг. Проанализирована внутрирегиональная дифференциация удельного веса данного вида земель по 25 сельсоветам, которые составляют основную часть исследуемой территории.

Ключевые слова: геоинформационные технологии; космические снимки; автоматизированное дешифрирование; модель геообработки.

MAPPING THE DYNAMICS OF SCRUBLAND BASED ON AUTOMATED INTERPRETATION

D. A. Kislitsyn

*Belarusian State University,
Minsk, Belarus, dimas_13082000@mail.ru*

The article presents the results of using technologies for automated interpretation of multi-temporal space images of Landsat-5 and Sentinel-2 to analyze the dynamics of scrubland within the territory of the Novogrudok Upland for the period from 1999 to 2023. The intraregional differentiation of the proportion of this type of land is analyzed for 25 selsoviets, which make up the main part of the study area.

Keywords: geoinformation technologies; space images; automated interpretation; geoprocessing model.

1. Введение

В настоящее время использование технологий цифровой обработки космических снимков является одним из перспективных направлений для картографирования земельных ресурсов, а применение геоинформационных систем позволяет повысить оперативность при выявлении структуры

и динамики землепользования. Учет дополнительных источников пространственной информации и геометрических отношений между объектами с помощью геоинформационных технологий позволяет повысить точность результатов автоматизированного дешифрирования космических снимков.

Комплексный анализ результатов контролируемой классификации данных дистанционного зондирования Земли является эффективным способом для оценки пространственно-временной динамики классов земельного покрытия, которая может применяться для прогнозирования изменения землепользования [1], в том числе с использованием модуля MOLUSCE (Modules for Land-Use Change Simulation) в QGIS [2]. Для изучения динамики землепользования могут применяться не только разновременные космические снимки и их композиты за определенные месяцы, но и количественные данные о различных спектральных индексах, а их комплексная обработка осуществляется при проведении автоматизированного дешифрирования методом Random Forest [3]. Следует отметить, что степень достоверности результатов контролируемой классификации повышается при проведении генерализации [4] и применении маскирования для отдельных классов объектов [5].

2. Материалы и методы

Исследуемая территория представлена Новогрудской возвышенностью (площадь – 485,2 тыс. га), которая расположена преимущественно на территории Новогрудского, Дятловского и Кореличского районов Гродненской области, а также в северной и центральной частях Барановичского района Брестской области Республики Беларусь. Геоинформационный анализ динамики земельного покрытия территории Новогрудской возвышенности выполнен на основе автоматизированного дешифрирования космических снимков Landsat-5 и Sentinel-2 (даты съемки: 08 мая 1999 г. и 01 мая 2023 г. соответственно) методом максимального правдоподобия. Дополнительно были использованы космические снимки Landsat-5 (за 23 октября 1999 г.) и Sentinel-2 (за 11 мая 2021 г. и 28 сентября 2023 г.), на основе которых выполнен расчет минимальных значений NDVI за вегетационный период, что позволило повысить точность при картографировании сельскохозяйственных земель.

Генерализация классифицированных растров выполнена на основе использования инструментов из группы «Spatial Analyst» в ArcGIS 10.7. Информация об уклоне и вертикальном расчленении рельефа, которые были рассчитаны на основе цифровой модели FABDEM, а также значения

индекса NDVI использованы для улучшения точности результатов контролируемой классификации [6].

Для повышения геометрической корректности результатов автоматизированного дешифрирования видов земель применялась опция «Выбрать по расположению» в ArcGIS 10.7. Контуры лесных земель, имеющие небольшую площадь (до 3 га) и средние значения индекса NDVI более 0,35, а также граничащие с сельскохозяйственными землями и участками кустарниковой растительности, переклассифицированы к землям под древесно-кустарниковой растительностью (ДКР). К лесным землям в результате повышения точности были отнесены контуры земель под ДКР с площадью от 0,3 до 3,0 га и невытянутой формой (отношение периметра к квадратному корню площади составляет менее 7,0), которые расположены возле лесных массивов с площадью более 50 га. После проведения генерализации небольшие контуры лесных земель (до 3 га), которые граничат с участками, занятыми кустарниковой растительностью, и не являются смежными с более крупными лесными массивами, были отнесены к землям под ДКР.

Для расчета удельного веса земель под древесно-кустарниковой растительностью в структуре земельного покрытия по сельсоветам создана авторская модель геообработки в среде ArcGIS 10.7, которая основана на последовательном применении инструментов из групп «Анализ» и «Управление данными» (рис. 1).

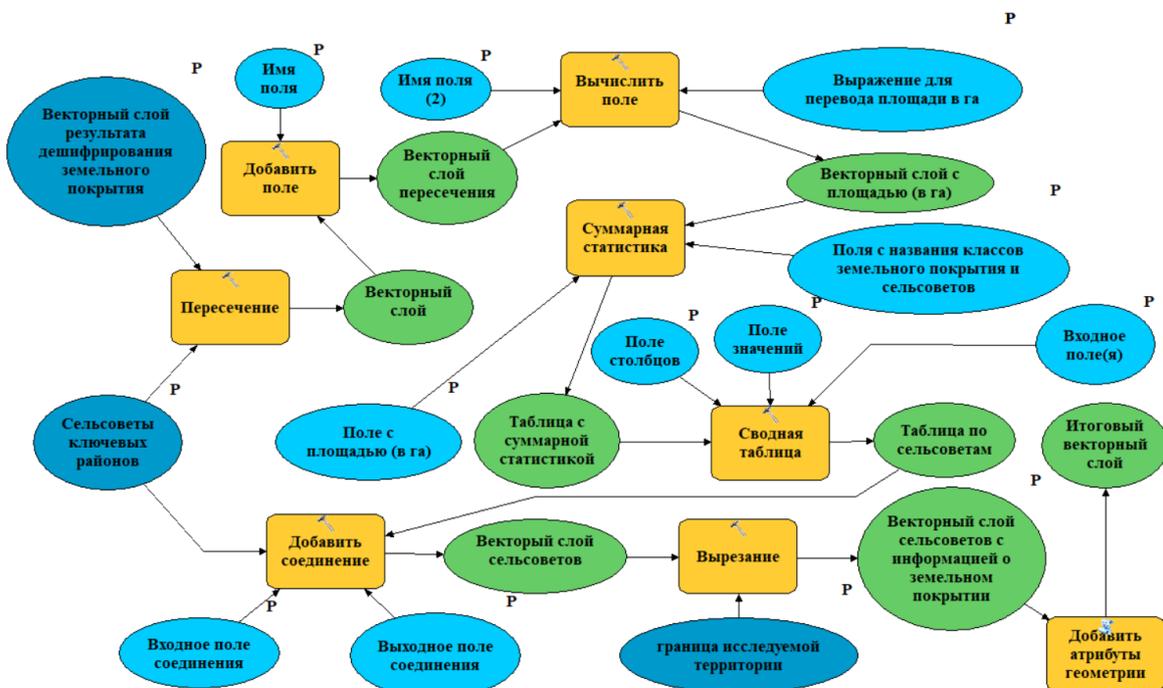


Рис. 1. Модель геообработки в ModelBuilder для расчета площади классов земельного покрытия по сельсоветам

Данная модель геообработки в значительной степени автоматизирует расчет площади классов земельного покрытия (в гектарах) по сельсоветам, а в качестве входных данных используются векторные слои, содержащие в себе пространственную информацию о результате контролируемой классификации космического снимка и границах сельсоветов, а также исследуемой территории. К основным параметрам относятся атрибутивные поля, которые содержат информацию о названиях классов земельного покрытия и административно-территориальных единиц (сельсоветов), площади векторных контуров, а также используется выражение для перевода площади из м² в гектары. Соединение таблиц в процессе выполнения модели осуществляется по атрибутивным полям с названиями сельсоветов.

3. Результаты и их обсуждение

Высокий уровень сельскохозяйственной освоенности территории Новогрудской возвышенности (около 51,0% в 2023 г.) обусловлен доминированием супесчаных и суглинистых почв на моренных и лессовидных отложениях. В структуре земельного покрытия Новогрудской возвышенности наибольший удельный вес характерен для пахотных и лесных земель (38,40 и 35,69% соответственно), а луговые земли составляют 12,59% от площади исследуемой территории в 2023 г. и их площадь за 24-летний период уменьшилась от 80347 до 61049 га.

Площадь лесных земель за период с 1999 по 2023 гг. увеличилась на 4,2%, что обусловлено переводом в их состав наиболее крупных участков земель под ДКР, а также связано с процессами лесовосстановления на месте проведенных сплошных рубок. Удельный вес земель под древесно-кустарниковой растительностью увеличился практически в 2 раза за исследуемый период и составил 3,38% в 2023 г., так как среди наименее плодородных участков луговых земель, отдаленных от центров сельскохозяйственных предприятий, происходит увеличение площади, занятой зарослями кустарников.

Земли под застройкой и общего пользования составляют 8,90% от площади Новогрудской возвышенности и рост удельного веса данного класса объектов обусловлен увеличением площади застроенных территорий в городах и их окрестностях. Вследствие преобладания возвышенных форм рельефа и низкой озерности территории удельный вес земель под болотами и под водными объектами составляет 0,72 и 0,33% соответственно.

Векторный слой с границами 25 сельсоветов, расположенных преимущественно в пределах Новогрудской возвышенности и составляющих

ее основную часть, использован для количественного анализа внутривнутрирегиональной дифференциации земель под древесно-кустарниковой растительностью. Следует отметить, что удельный вес данного вида земель в 2023 г. представлен в диапазоне от 0,6 до 9,1% в Негневичском и Почапковском сельсоветах соответственно, что объясняется различиями природных условий и особенностями рельефа. На северо-западе Барановичского района удельный вес земель под ДКР превышает 6,0%, а в центральной части Новогрудской возвышенности составляет более 4,0%, что обусловлено повышенной крутизной склонов в окрестностях Новогрудка и наличием крупных участков кустарниковой растительности в пределах небольших понижений рельефа вдоль ложбин стока и пойм рек (рис. 2).

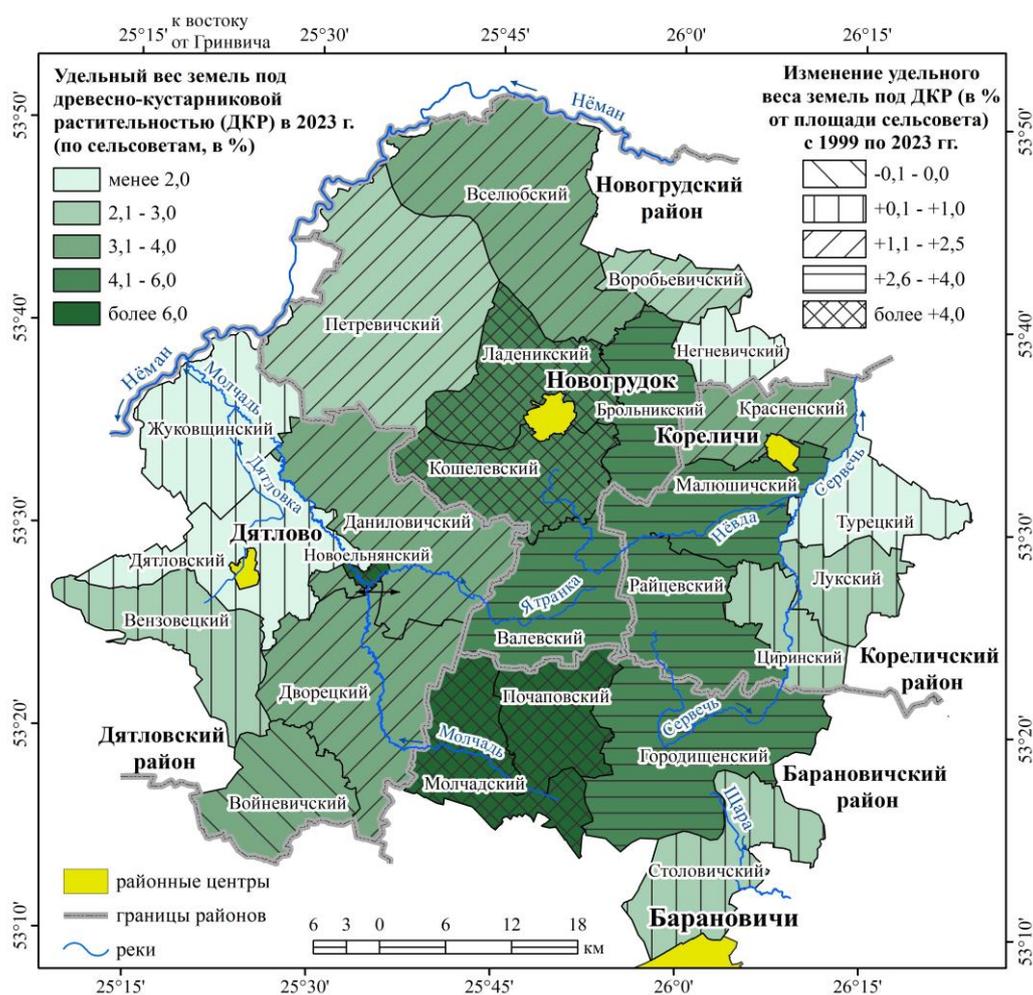


Рис. 2. Дифференциация удельного веса земель под древесно-кустарниковой растительностью (в %) по сельсоветам Новогрудской возвышенности

Достаточно высокий удельный вес земель под ДКР (более 6,0%) также характерен для Новоельянского сельсовета, где на берегах водохранилища сконцентрированы участки кустарниковой растительности. На

правом берегу бассейна реки Сервечь и в окрестностях города Дятлово земли под древесно-кустарниковой растительностью представлены заметно реже, так как рельеф на данных территориях имеет меньшие относительные перепады высот по сравнению с центральной частью Новогрудской возвышенности и ее восточными склонами. Контуры кустарниковой растительности достаточно редко встречаются на северо-западе исследуемой территории, где лесистость достигает очень высоких значений (в Петревичском и Жуковщинском сельсоветах – более 60%). На восточных склонах Новогрудской возвышенности удельный вес земель под ДКР более высокий по сравнению с западными склонами (4,8–5,4% и 3,0–3,4% соответственно), что обусловлено большей крутизной склонов в верховьях бассейнов рек Сервечь и Невда.

Рост доли земель под древесно-кустарниковой растительностью более чем на 4,0% от площади сельсовета за период с 1999 по 2023 гг. характерен для 4 сельсоветов, которые расположены на северо-западе Барановичского района и в окрестностях Новогрудка, что связано с наличием низкопродуктивных участков в ложбинах стока и проявлением процессов водной эрозии для контуров с высокими значениями уклона рельефа. Для 5 сельсоветов удельный вес данного вида земель за 24-летний период практически не изменился (разница в диапазоне от –0,1 до +0,2%).

В верховьях бассейнов рек Ятранка и Сервечь, а также в долине реки Невда произошло существенное увеличение доли земель под ДКР. На востоке Дятловского района рост удельного веса земель под древесно-кустарниковой растительностью составляет менее 2,0% от общей структуры земельного покрытия Даниловичского и Дворецкого сельсоветов, что обусловлено более высокой лесистостью территории по сравнению с восточными склонами Новогрудской возвышенности.

4. Заключение

Таким образом, на основе комплексного применения космических методов и геоинформационных технологий проанализирована структура землепользования Новогрудской возвышенности и выявлено увеличение площади земель под лесной и древесно-кустарниковой растительностью за период с 1999 по 2023 гг. Определены критерии, которые учитывают расположение отдельных контуров относительно других видов земель, что позволяет повысить точность при идентификации земель под древесно-кустарниковой растительностью. Использование созданной нами модели геообработки в ModelBuilder позволяет оптимизировать процесс расчета площади различных классов земельного покрытия (в гектарах) по административно-территориальным единицам.

Удельный вес земель под древесно-кустарниковой растительностью имеет более высокие значения для сельсоветов, расположенных в центральной части Новогрудской возвышенности и на ее восточных и южных склонах, по сравнению с участками на западе и северо-западе исследуемой территории. Степень увеличения удельного веса данного вида земель обусловлена концентрацией ложбин стока и речных долин, в окрестностях которых крутизна склонов имеет более высокие значения, а также связана с проявлением водно-эрозионных процессов.

Библиографические ссылки

1. Использование многозональных космических снимков для целей геоинформационного мониторинга и анализа пространственных характеристик сельскохозяйственного землепользования / О. А. Зарубин [и др.] // Вектор ГеоНаук. 2020. Вып. 3, № 2. С. 37–50.

2. Мониторинг и прогноз динамики наземного покрова Среднего Поволжья по спутниковым данным в QGIS MOLUSCE / О. Н. Воробьев [и др.] // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2023. Т. 20, № 5. С. 176–193.

3. *Иванов М. А., Гафуров А. М.* Анализ изменений землепользования в Среднем Поволжье по данным Landsat для оценки потенциала возврата заброшенных пахотных земель в сельскохозяйственный оборот // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2025. Т. 22, № 2. С. 186–201.

4. Improving the accuracy of land use and land cover classification of Landsat data in an agricultural watershed / P. Dash [et al.] // Remote Sensing. 2023. Vol. 15, № 4020. P. 1–24.

5. *Скачкова А. С., Курлович Д. М.* Оценка структуры и динамики земель Западно-Белорусской провинции (по данным дистанционного зондирования Земли). Минск : БГУ, 2022.

6. *Кислицын Д. А., Клебанович Н. В.* Геоинформационный анализ динамики и структуры классов земельного покрытия Новогрудской возвышенности // Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология. 2024. № 1. С. 126–140.