

Секция «17.2 Теоретические и прикладные задачи дистанционного зондирования Земли»

## **Картографирование и анализ динамики землепользования Московского региона на основе данных ДЗЗ высокого разрешения Sentinel-2**

**Научный руководитель – Кашницкий Александр Витальевич**

*Мятлев Алексей Алексеевич*

*Студент (магистр)*

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Факультет  
космических исследований, Москва, Россия

*E-mail: aamyat@mail.ru*

Актуальность создания детальных карт землепользования обусловлена задачами государственного управления, территориального планирования и экологического мониторинга. Особую значимость эти работы приобретают в контексте выполнения обязательств Российской Федерации в рамках Парижского соглашения по климату, требующих точной оценки динамики землепользования для расчета выбросов и поглощений парниковых газов в секторе землепользования, изменений землепользования и лесного хозяйства (ЗИЗЛХ). Существующие глобальные и региональные продукты спутникового картографирования часто не удовлетворяют требованиям точности и пространственного разрешения.

В связи с этим целью данного исследования стала разработка методологии построения согласованных временных рядов карт землепользования и анализа их динамики на примере Московского региона за период 2019–2025 гг. с использованием данных дистанционного зондирования Земли высокого пространственного разрешения. Для построения карт использовались безоблачные композиты с данных спутников Sentinel-2 [1] в шести спектральных каналах (Blue, Green, Red, NIR, SWIR1, SWIR2) с разрешением 10 и 20 метров. На основе экспертного дешифрирования в среде BEGA-Science [2] была сформирована репрезентативная обучающая выборка из 1700 пикселей по шести классам землепользования: лесные земли, возделываемые земли, пастбища, водно-болотные угодья, поселения и прочие земли. Для обработки данных и классификации был реализован программный комплекс на Python, основанный на ансамблевом алгоритме Random Forest.

Ключевым усовершенствованием подхода стало использование трёх ежесезонных (осень, зима, весна) и пяти ежемесячных за вегетационный сезон (май-сентябрь) композитов, что позволило учесть фенологические различия типов растительного покрова. Дополнительно были рассчитаны спектральные индексы NDVI, MNDWI, FI, BSI и NDMI, которые также вошли в набор признаков для классификации. Для обеспечения согласованности временных рядов и устранения шумов, связанных с межгодовой изменчивостью спектральных сигнатур, были применены процедуры медианной фильтрации и временного сглаживания. Это позволило минимизировать количество артефактов и перейти к количественному анализу многолетних трендов землепользования. Итоговые карты демонстрируют пространственную структуру землепользования региона, где стабильно доминируют лесные земли (>50% площади). Анализ динамики за 2019–2025 гг. выявил разнонаправленные тренды: наиболее трудными для распознавания из-за спектрального сходства остаются пастбища и возделываемые земли, однако применение временных фильтров позволило снизить эффект «мигающих» классов (хаотичной смены типа от года к году). Отдельной проблемой классификации стали водно-болотные угодья, которые из-за своих разнообразных спектральных свойств изначально не попадают в класс водных объектов. Тем не менее, применение предложенного подхода позволило выявить тенденции, такие как зарастание части низкопродуктивных пастбищ древесно-кустарниковой растительностью и расширение границ поселений.

Разработанная методика показала свою эффективность в создании согласованной серии карт землепользования. Достоверность полученных результатов подтверждена путем сравнения с глобальными картографическими продуктами ESA WorldCover, Dynamic World и ESRI Land Use Land Cover. Такой подход обладает значительным потенциалом для масштабирования на другие регионы и ретроспективные периоды наблюдений, обеспечивая надежную основу для мониторинга динамики землепользования и верификации климатических отчетностей всей страны.

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки (тема «Мониторинг», госрегистрация № 122042500031-8) с использованием возможностей Центра коллективного пользования «ИКИ-Мониторинг» [4], включая УНУ «ВЕГА-Science» [3].

### Источники и литература

- 1) Кашницкий А.В., Бурцев М.А., Прошин А.А. Технология создания безоблачных композитных изображений по данным спутников серии Sentinel-2 // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2022. Т. 19. № 5. С. 76-85.
- 2) Кашницкий А.В., Лупян Е.А., Балашов И.В., Константинова А.М. Технология создания инструментов обработки и анализа данных сверхбольших распределенных спутниковых архивов // Оптика атмосферы и океана. 2016. Т. 29. № 9. С. 772-777.
- 3) Лупян Е.А., Прошин А.А., Бурцев М.А., Кашницкий А.В., Балашов И.В., Барталев С.А., Бриль А.А., Егоров В.А., Жарко В.О., Константинова А.М., Кобец Д.А., Мазуров А.А., Марченков В.В., Матвеев А.М., Миклашевич Т.С., Плотников Д.Е., Радченко М.В., Стыщенко Ф.В., Сычугов И.Г., Толпин В.А., Уваров И.А., Хвостиков С.А., Ховратович Т.С. Система "Вега-Science": особенности построения, основные возможности и опыт использования // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2021. Т. 18. № 6. С. 9-31.
- 4) Лупян Е.А., Прошин А.А., Бурцев М.А., Кашницкий А.В., Балашов И.В., Барталев С.А., Константинова А.М., Кобец Д.А., Мазуров А.А., Марченков В.В., Матвеев А.М., Радченко М.В., Сычугов И.Г., Толпин В.А., Уваров И.А. Опыт эксплуатации и развития центра коллективного пользования системами архивации, обработки и анализа спутниковых данных (ЦКП «ИКИ-Мониторинг») // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2019. Т. 16. № 3. С. 151-170.