

**ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ДИНАМИКИ
УРБОЛАНДШАФТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АЛГОРИТМОВ
АВТОМАТИЧЕСКОЙ КЛАССИФИКАЦИИ
(НА ПРИМЕРЕ ГОРОДОВ-СПУТНИКОВ МОСКВЫ)**

М. А. Мовчан

Институт географии РАН, г. Москва, Россия, movchan@igras.ru

В статье рассматривается один из наиболее актуальных вопросов, посвященных анализу динамики состояния урбанизированных ландшафтов с геоэкологической точки зрения. Приводятся результаты оценки мультитимементных данных о наземном покрове городских территорий на основе космических снимков на 2014-2024 гг и последующей автоматической классификации. В качестве объекта выбраны города-спутники Москвы, а именно г. Видное. Обосновываются рекомендации по дальнейшему планированию и устойчивому урболандшафтов этих территорий.

Ключевые слова: геоэкологический анализ; урболандшафты; города-спутники; г. Видное; классификация; дешифрирование.

Введение. Актуальность и значимость темы обусловливается несколькими наиболее важными обстоятельствами: во-первых, тем, что геоинформационные методы, становятся все более часто применяемыми при геоэкологических исследованиях городов и находят широкое применение в т.ч в геоэкологической оценке урбанизированных территорий. Во-вторых, за последние десятилетия, в пределах ближайших городов-спутников Москвы, особенно, г. Видное наблюдается дисбаланс в размещении населения, градостроительства и транспортной сети. Этот факт также подтверждается ранее проведенными исследованиями автора в 2022-2023 гг. [3]. Эти обстоятельства приводят к чрезмерному влиянию антропогенных (воздействующих) факторов на развитие урболандшафтов, а также подавляют роль таких средоформирующих компонентов городской системы, как озелененные территории и зеленые зоны, что приводит к дисбалансу экологической ситуации. Проведение геоэкологического анализа динамики развития урбанизированных территорий – наиболее важная и актуальная задача, как в теоретическом, так и в прикладном плане, тесно связанная с развитием ГИС-технологий, методов ДЗЗ, дающих все больше возможностей для количественной оценки компонентов урболандшафтов городов и прослеживания тенденций их изменения.

Цель – проанализировать текущее состояние и динамику развития урбанизированных ландшафтов городов-спутников Москвы с использованием алгоритмов автоматической классификации, на примере г. Видное.

Город Видное является центром Ленинского городского округа Московской области. Общая площадь составляет около 20 км²; город и район являются административно объединенными с 2019 г. Населенный пункт расположен в 3 км южнее МКАД, на левом берегу реки Битца. По западной периферии города проходит федеральная трасса М4 «Дон» и Павелецкое направление железной дороги со станцией Расторгуево, являющимися основными транспортными магистралями, которые соединяют населенный пункт с Москвой [1]. С ландшафтно-экологической точки зрения стоит отметить, что исследуемая территория приурочена к физико-географической провинции Москворецко-Окская равнина, занимающая междуречье рек Оки и Москвы. В ее границах выделяют два природных района, соответствующих двум формам рельефа: Теплостанская моренно-эрозионная возвышенность на юге и Пахринская аллювиальная равнина на севере с диапазоном высот от 150 до 175 м с максимальной отметкой высоты 256 м [4]. Для местности характерны несущественные перепады высот, рельеф территории города в целом имеет возвышенный характер. В породном составе деревьев преобладают лиственные леса, представленные липой, дубом, ясенем и кленом, которые свойственны ландшафтной зоне смешанных и широколиственных лесов. Среди хвойной части древостоя выделяются две породы – сосна и ель, причем первая резко преобладает в черте города.

Материалы и методы. Материалами послужили мультивременные композиты снимков спутников Landsat 4-5 и 8-9 на вегетационный период (с апреля по октябрь) 2014 и 2024 годов соответственно [5]. В качестве методов применены алгоритмы автоматической классификации, реализуемой средствами программ SAGA и QGIS, а именно, неконтролируемой и контролируемой (с обучением на примере эталонных участков) [2, 7]. В первом случае, проводилась разбивка территории на кластеры для выяснения потенциальных или часто встречающихся классов, т. е. своего рода исследовательская классификация. На последнем этапе были задействованы открытые картографические данные, включающие дорожную сеть, здания, зеленые зоны и т.п. для верификации [6], а также ГИС-технологии для определения динамики

изменения урболандшафтов. Такого рода анализ, особенно классификация с обучением, позволяет выделить типы наземного покрова с достаточной степенью достоверности и проследить тенденцию его изменения. Непосредственно само исследование включало в себя 5 основных этапов, рис 1.

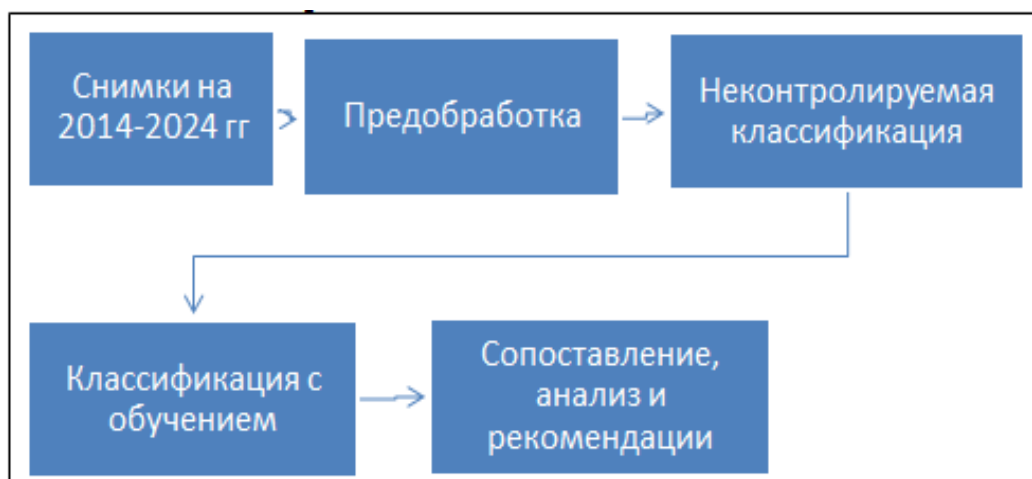


Рис. 1. Методические этапы исследования динамики урболандшафтов

Результаты и обсуждение. На основании проведенных классификаций космических снимков на территории городов-спутников Москвы и последующего сопоставления были выделены следующие типы ландшафтного покрова: искусственные покрытия (частная и многоэтажная застройка); водные объекты; открытые запечатанные пространства (парковки и улично-дорожная сеть, промышленные зоны); зеленые зоны (леса и лесопарки) и озелененные территории, рис 2. По результатам проведенных расчетов для территории г. Видное (рис 2 b) установлено, что относительно большой вклад (на текущий период) вносят искусственные типы наземного покрова, такие как частная (около 20 % от площади территории) и многоэтажная застройка (10 %), что обусловлено активным освоением территории и трансформацией городов-спутников в спальные районы. Этот тип наземного покрова свойствен, в большинстве своем, периферии города. Зеленые пространства составляют порядка 25-30 % площади территории, что указывает на достаточно удовлетворительную сохранность существующих зеленых зон (лесопарков) и сравнительно высокую долю озелененных территорий центральной части города. Стоит также отметить, что сравнительно небольшую долю имеют открытые пространства – порядка 8 %, это связано с тем, что среди них преобладает дорожная сеть, имеющая компактное (линейное) распространение.

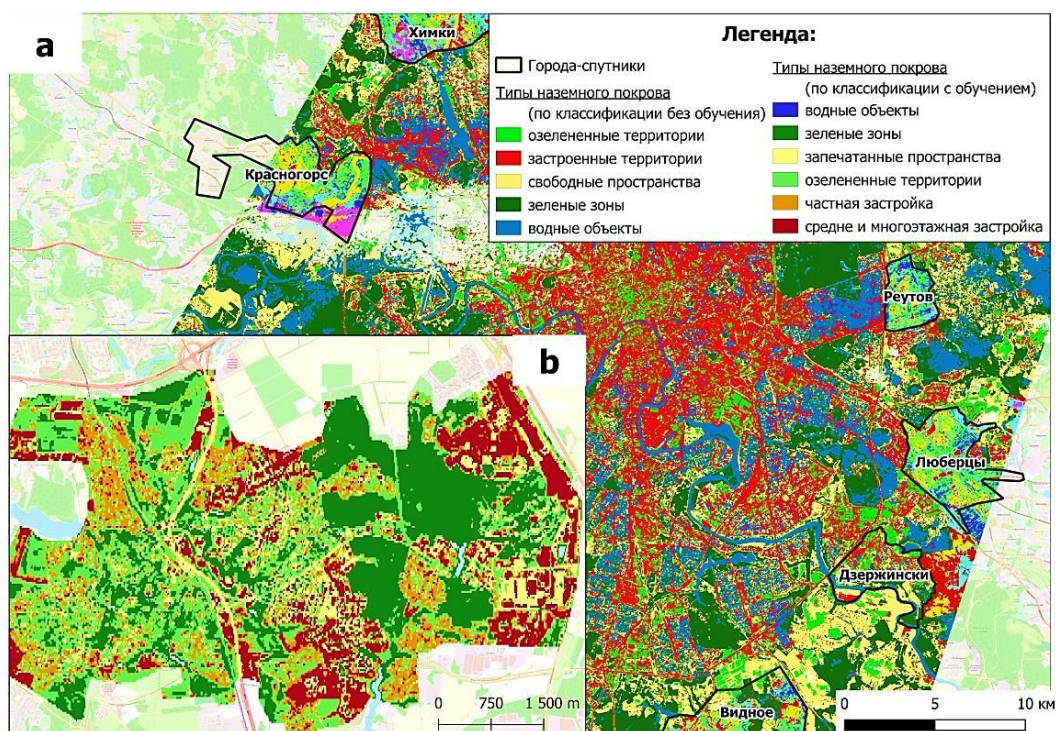


Рис. 2. Классы наземного покрова:

a – на основе алгоритмов неконтролируемой классификации; *b* – с обучением

Далее был проведен анализ динамики состояния урбанизированных ландшафтов г. Видное в период с 2009 по н.в (2024 г.), с помощью инструмента измерения площадей и модуля определения изменений (change detection). Установлено, что в исследуемый период отмечается существенный прирост площади искусственных типов покрытий, а именно многоэтажной застройки, некоторое сокращение доли зеленых зон и увеличение площади озелененных территорий. В количественном выражении это составляет от 3 до 4 км² для средне и многоэтажной застройки, примерно 3.5 для зеленых зон и 5-6 км² для озелененных территорий, рис 3. Такие результаты обусловлены, по всей видимости, активным освоением территории города в последние 10 лет. А именно, массовая периферийная застройка, интенсивное развитие транспортной сети и т. д. Вместе с тем, отмеченный в ходе исследования, прирост площади озелененных территорий, вероятнее всего, связан с точечным озеленением новых микрорайонов.

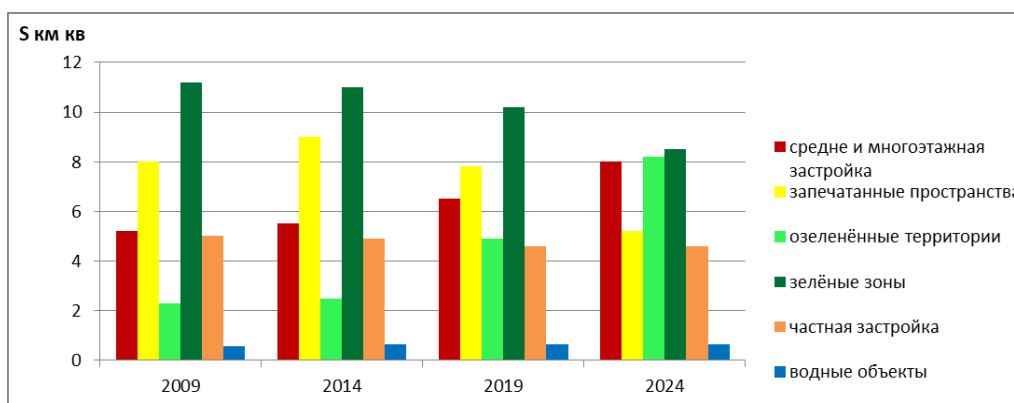


Рис. 3. Динамика состояния урболандшафтов г. Видное с 2014 по 2024 гг.

По результатам сравнения космических снимков была построена карта изменений ландшафтного покрова, отражающая вероятностные изменения его структуры для г. Видное. Наибольшие и высокие значения (>0.7 и $0.5-0.7$ ед) свойственны периферии и соответствуют территории промзоны, сведенным с/х угодьям, проектируемым автомобильным дорогам и жилым микрорайонам. Для большей же части города характерны минимальные или близкие к ним изменения со значениями в пределах $0.2-0.4$ ед., рис 4.

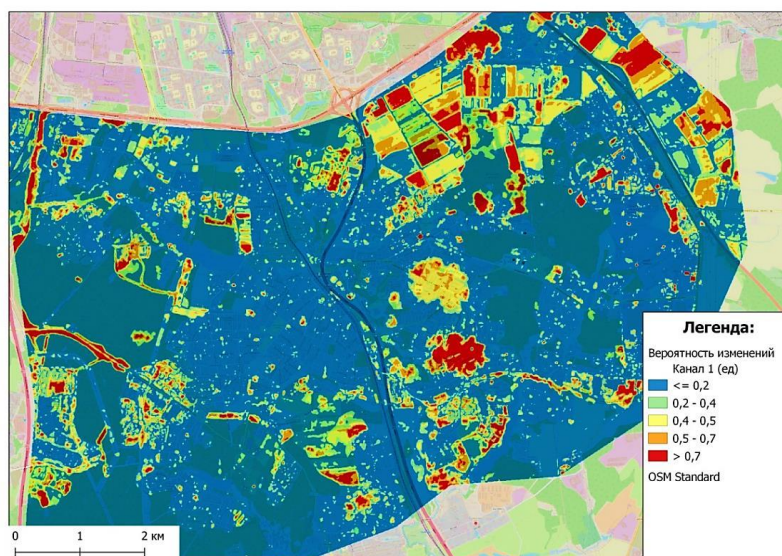


Рис. 4. Вероятностные изменения наземного покрова с 2014 по 2024 гг.

Закключение. Таким образом, по результатам автоматической классификации составлена карта наземного покрова на территории городов-спутников Москвы за 2009 г и текущий период. Задействованы алгоритмы неконтролируемой классификации и более подробной, с обучением на примере г. Видное.

В ходе анализа динамики изменения урболандшафтов установлено, что отмечается интенсивный прирост территорий многоэтажной застройки и сокращения зеленых зон.

На основании результатов исследований в качестве рекомендаций по контролю динамики развития урболандшафтов и территориальному планированию города в будущем целесообразно предложить следующие меры:

- благоустройство периферийных территорий, включая вертикальное озеленение, создание сети лесопарков, оборудование дополнительных водных объектов рекреационного назначения, оборудование многоэтажных парковочных мест за пределами жилых комплексов;
- ограничение этажности зданий, регламентирование площади застройки, за счет использования потенциала открытых пространств, при дальнейшем проектировании новых микрорайонов;
- проведение экологической реновации устаревшего жилья в центральной части города, включая капитальный ремонт зданий, использование офисных помещений и т. д.

Библиографические ссылки

1. Администрация городского поселения Видное Ленинского муниципального района Московской области. Официальный сайт [Электронный ресурс]. URL: http://vidnoe.adm-vidnoe.ru/?show=o_g._vidnoe (дата обращения: 10.09.2024).

2. Леванков А. Н., Дудкин А. А. Нейросетевая идентификация неиспользуемых сельскохозяйственных земель на снимках дистанционного зондирования земли в системе QGIS // Седьмая Международная научно-практическая конференция «BIG DATA and Advanced Analytics. BIG DATA и анализ высокого уровня». Минск, 19-20 мая 2021. С. 102-109.

3. Мовчан М. А. Изучение экологического каркаса урболандшафтов с использованием методов ДЗЗ и больших данных (на примере юга ближнего Подмосковья) // Теоретические и прикладные проблемы ландшафтной географии. VII Мильковские чтения: материалы XIV Международной ландшафтной конференции. Воронеж, 17 – 21 мая 2023. С. 103-105.

4. Московская область. Атлас ГУГК 1976 года. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.oldmoscowmaps.ru/v/1976/> (дата обращения: 10.09.2024).

5. Copernicus Open Access Hub. Центр открытого доступа космических снимков. [Электронный ресурс]. URL: <https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home> (дата обращения: 10.09.2024).

6. Open Street Map, Data. Сайт открытых данных. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.openstreetmap.org/#map=2/69.6/-74.9> (дата обращения: 10.09.2024).

7. Przemysław Aszkowski, Bartosz Ptak, Marek Kraft. Deepness: Deep neural remote sensing plugin for QGIS // SoftwareX 23: [Электронный ресурс]. URL: <http://www.elsevier.com/locate/softx> (дата обращения: 10.09.2024).