

DOI 10.15593/2409-5125/2017.03.15

УДК 528.88

**А.В. Погорелов, Д.А. Липилин**

Кубанский государственный университет

## **ЗЕЛЕННЫЕ НАСАЖДЕНИЯ ГОРОДА КРАСНОДАРА. ОЦЕНКА И МНОГОЛЕТНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ**

Краснодарская агломерация характеризуется беспрецедентной для России скоростью жилой застройки и преобразованием транспортных коммуникаций. Именно поэтому исследование состояния зеленых насаждений на фоне быстрых изменений городской среды является актуальной задачей.

В статье представлены результаты анализа пространственного распределения и оценки динамики зеленых насаждений на территории города Краснодара по данным мультиспектральных спутниковых снимков Landsat за период 1989–2015 гг. Использован широко применяемый нормализованный вегетационный индекс (NDVI), дающий представление о распределении зеленых насаждений в показателях относительной фитомассы по выделяемым пяти классам – от «голых», лишенных растительности поверхностей до условного леса. Построены карты значений NDVI в разрезе основных функциональных зон города (жилая, общественно-деловая, рекреационная и промышленная).

Установлено, что в подавляющем большинстве новых жилых кварталов Краснодара активная застройка многоэтажными жилыми домами с резким увеличением численности и плотности населения сопровождается кардинальным уменьшением показателей обеспеченности населения зелеными насаждениями. За 26 лет в жилой зоне Краснодара существенно сократилась площадь поверхностей с густой растительностью (с 15,54 до 8,08 км<sup>2</sup>) за счет роста площадей с низкими показателями фитомассы (с 16,36 до 24,84 км<sup>2</sup>). Потери фитомассы за 26 лет отмечены на территории 41,65 км<sup>2</sup>, т.е. 60 % площади жилой зоны.

Данные дистанционного зондирования уменьшают трудоемкость объективного контроля состояния «зеленого» фонда в крупном городе. Даны рекомендации по инвентаризации и мониторингу системы зеленых насаждений в Краснодаре.

**Ключевые слова:** зеленые насаждения, урбоэкосистема, город Краснодар, структура, дистанционный мониторинг, спутниковые снимки, вегетационный индекс (NDVI).

**Постановка проблемы.** Город Краснодар – многофункциональный центр, на единой территории которого представлены объекты и зоны различного назначения. По показателям численности населения, принятым в России, он относится к крупным городам, но неуклонно приближается к группе крупнейших (более 1 млн чел.).

---

Погорелов А.В., Липилин Д.А. Зеленые насаждения города Краснодара. Оценка и многолетние изменения // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. – 2017. – № 3. – С. 192–205. DOI: 10.15593/2409-5125/2017.03.15

Pogorelov A., Lipilin D. Green spaces of the Krasnodar city. Evaluation and multi-year changes. PNRPU. Applied ecology. Urban development. 2017. No. 3. Pp. 192-205. DOI: 10.15593/2409-5125/2017.03.15

Фоновые климатические и ландшафтные условия города Краснодара отнюдь не благоприятны для формирования, наращивания и поддержки в функциональном состоянии массовых древесных и кустарниковых насаждений. Местный климат относится к семиаридному, чему соответствуют естественные ландшафты степей с преобладанием травянистых растений. Указанные обстоятельства и объяснимый фактический дефицит лесных массивов в окрестностях Краснодара предьявляют особые требования к формированию зеленого каркаса города, в том числе обеспечения ландшафтного и биологического разнообразия городских территорий.

В последние десятилетия краснодарская агломерация динамично трансформируется. В первую очередь это характеризуется беспрецедентной для России скоростью жилой застройки и преобразованием транспортных коммуникаций. Происходящие буквально на глазах многонаправленные изменения агломерации нельзя назвать всесторонне обдуманными. Это относится и к составляющей краснодарской урбоэкосистемы – «зеленому каркасу».

Конфигурация и внутренняя структура зеленого каркаса в Краснодаре в идеале должны опираться на сочетание вполне конкретных природных (метеорологических, геоморфологических, гидрологических и др.) и техногенных (транспортных, селитебных, рекреационных, производственных и др.) факторов [1–4]. Оптимальный зеленый каркас в значительной мере определяет комфортность проживания граждан, эстетическую привлекательность городской среды, функциональность урбоэкосистемы Краснодара в целом [5, 6].

Градостроительным кодексом РФ определен следующий состав земель/зон, включаемых в городскую черту: жилые; общественно-деловые; производственные; рекреационные; зоны инженерной и транспортной инфраструктуры; зоны сельскохозяйственного использования; зоны специального назначения; зоны военных объектов и иные зоны режимных территорий. Положение на территории Краснодара функциональных зон, наиболее значимых с позиции анализа зеленых насаждений, показано на карте (рис. 1).

Озеленение<sup>1</sup> города Краснодара представлено парками, скверами, городскими лесами, насаждениями улиц и автодорог, цветниками и газонами, а также внутридворовыми посадками деревьев и кустарников. Принято выделять следующие категории зеленых насаждений [7]:

---

<sup>1</sup> Озелененные территории – часть территории природного комплекса, на которой располагаются природные и искусственно созданные садово-парковые комплексы и объекты – парк, сад, сквер, бульвар; территории жилых, общественно-деловых и других территориальных зон, не менее 70 % поверхности которых занято зелеными насаждениями и другим растительным покровом [2].



Рис. 1. Функциональное зонирование территории Краснодара. Граница городской черты, показанная по состоянию на 2007 г., используется как основа количественного анализа

- 1) объекты озеленения городских и районных парков, скверов, садов и т.п. (объекты общего пользования);
- 2) объекты, находящиеся на придомовой территории (объекты ограниченного пользования);
- 3) объекты озеленения, играющие защитную роль – посадки вдоль авто- и железных дорог (объекты специального назначения);
- 4) стихийно развивающиеся зеленые насаждения (не отнесенные к трем предыдущим категориям).

В какой мере эти зеленые насаждения на территории Краснодара отвечают представлениям о «зеленом каркасе» города? От состава, возраста, бонитета древостоя зависит его газопоглотительный и газопродуктивный потенциал, а также устойчивость к антропогенному воздействию. Понятно, что оценка оптимальности зеленого каркаса должна быть выполнена с использованием формальных показателей. Необходима и дифференцированная оценка озелененности территорий, в частности предусматривающая оценку функциональных зон, кварталов, структурно-планировочных выделов города с учетом их функциональной специфики. В настоящей работе мы ограничимся постановкой проблемы оценки комплексного состояния «зеленого

каркаса» города Краснодара, а также рассмотрением некоторых подходов к решению этой проблемы в аспекте дистанционного мониторинга зеленых насаждений.

**Метод исследования.** Для планирования и оптимизации зеленого каркаса необходимо иметь детальное представление о фактическом распределении растительности, включая ее типы, видовой состав, биомассу и т.д. [6–8 и др.]. В крупных городах кадастры зеленых насаждений, как правило, являются неполными, недостаточно часто обновляются. Кроме того, отсутствует надлежащий контроль функционального состояния городской растительности и ее факторов.

Объективный контроль состояния «зеленого» фонда города Краснодара, с учетом значительной площади города, наземными методами – трудоемкая процедура, поэтому целесообразно воспользоваться данными дистанционного зондирования – мультиспектральными спутниковыми снимками. Чаще всего в этом случае прибегают к простому и информативному показателю – вегетационному индексу (Normalized Differenced Vegetation Index – NDVI) [9–14 и др.]:

$$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED),$$

где NIR – значение отражения в ближней инфракрасной области спектра; RED – значение отражения в красной области спектра. Высокая фотосинтетическая активность, связанная в основном с большой фитомассой растительности, ведет к низким значениям коэффициентов отражения в красной области спектра и большим значениям в ближней инфракрасной области. В упрощенном представлении NDVI отражает наличие и общее количество растительности (относительную фитомассу).

NDVI рекомендуют применять для глобального мониторинга растительности, поскольку масштаб помогает компенсировать изменение условий освещения, уклон поверхности, экспозицию и другие внешние факторы [9]. Однако NDVI широко используется и для определения состояния озеленения городских территорий, а также для оценки временных изменений растительности в границах муниципальных образований [10, 11]. Имеющийся опыт мониторинга изменения площади и характеристик древесных насаждений крупных населенных пунктов по данным NDVI показывает, что посредством NDVI успешно детектируются изменения лесистости территорий и продуктивности лесных массивов. На основе серии разновременных снимков (композиций) с помощью NDVI можно выявить изменения границ и характеристик различных типов растительности (change detection). Установлена корреляция между NDVI и продуктивностью растительности разных экосистем.

В случае удовлетворительных результатов дешифрирования данных дистанционного зондирования возможно установление ряда утилитарных

характеристик зеленых насаждений (общая площадь, площадь зеленых насаждений на отдельных территориях, обеспеченность зелеными насаждениями, степень озеленения и др.).

Сведения об использованных космических снимках приведены в табл. 1.

Таблица 1

Сведения о спутниковых снимках

Спутник	ID снимка	Дата съемки
Landsat 4	LT41740291989191XXX02	10.07.1989
Landsat 8	LC81740292015159LGN00	08.06.2015

Показатели вегетационного индекса при классификации разбиты нами на интервалы:

- меньше 0,25 – «голые» бесплодные поверхности;
- 0,25–0,5 – редкая растительность (преимущественно травы, кустарники);
- 0,5–0,75 – умеренная растительность;
- 0,75–0,9 – густая растительность;
- более 0,9 – густая растительность с наибольшей продуктивностью (условный лес).

**Результаты.** По данным летних снимков 1989 и 2015 гг. (рис. 2) распределение относительной фитомассы в пределах городской территории чрезвычайно неоднородно. Наибольшие значения NDVI приурочены к участкам парков, включая мемориальные парки (кладбища), и садов: Чистяковская роща, Всесвятское кладбище, парк им. 30-летия Победы, Городской сад, Ботанический сад КубГАУ. На значительной части территории города (участки производственной и жилой зон, транспортная инфраструктура и т.п.) показатели индекса соответствуют «голым» поверхностям.

Распределение относительной фитомассы и динамика ее изменения по данным NDVI в течение 1989–2015 гг. в разных функциональных зонах Краснодара отражены в табл. 2.

В пределах городской черты общая площадь «голых», лишенных зеленых насаждений поверхностей с 1989 по 2015 г. сократилась с 18,85 до 16,46 км<sup>2</sup> (см. табл. 2), что, несомненно, является благоприятным обстоятельством. Одновременно в течение 1989–2015 гг. на 11,7 км<sup>2</sup> сократилась суммарная площадь, занятая растительностью с умеренной фитомассой и густой растительностью. Столь существенное сокращение фитомассы – очевидная отрицательная тенденция, даже с учетом небольшого увеличения площади леса (с 5,49 до 7,31 км<sup>2</sup>) за анализируемые 26 лет.





*a*



*b*

Рис. 2. Распределение вегетационного индекса NDVI в центральной части Краснодара. Дата съемки 10.07.1989 (*a*) и 08.06.2015 (*b*)

Таблица 2

Площади, занятые разными показателями относительной фитомассы, км<sup>2</sup>

Территория	Классы относительной фитомассы				
	«голые» поверхности	травы, кустарники	умеренная растительность	густая растительность	условный лес
<b>1989 г.</b>					
Краснодар в границах (см. рис. 1) (201 км <sup>2</sup> )	18,85	52,53	85,22	38,93	5,49
Жилая зона (69 км <sup>2</sup> )	3,88	16,36	33,60	13,61	1,93
Общественно-деловая зона (25 км <sup>2</sup> )	3,28	7,02	9,33	4,93	0,28
Рекреационная зона (25 км <sup>2</sup> )	2,08	5,06	9,43	7,13	1,75
Промышленная зона (14,5 км <sup>2</sup> )	3,56	5,36	3,98	1,37	0,18
<b>2015 г.</b>					
Краснодар в границах (см. рис. 1) (201 км <sup>2</sup> )	16,46	65,03	74,54	37,91	7,31
Жилая зона (69 км <sup>2</sup> )	3,02	24,84	33,36	7,70	0,38
Общественно-деловая зона (25 км <sup>2</sup> )	3,07	7,92	7,57	5,51	0,80
Рекреационная зона (25 км <sup>2</sup> )	1,43	4,65	6,92	8,36	3,59
Промышленная зона (14,5 км <sup>2</sup> )	2,79	5,41	3,42	2,69	0,14

Наиболее неблагоприятные тенденции в динамике зеленых насаждений в пределах городской черты 2007 г. отмечены в жилой зоне – одной из ключевых в структуре урбоэкосистемы Краснодара. Здесь заметно сократилась общая площадь поверхностей, представленных густой растительностью и условным лесом: за 26 лет с 15,54 до 8,08 км<sup>2</sup>. Произошло это главным образом за счет роста площади с низкими показателями фитомассы, т.е. занятой травами и кустарниками (с 16,36 до 24,84 км<sup>2</sup>). Таким образом, по нашим данным в жилой зоне отмечено существенное сокращение зеленых насаждений в показателях фитомассы.

Определенные благоприятные изменения отмечены в рекреационной зоне города. Вызваны они, прежде всего, увеличением площади с густой растительностью и лесом – с 8,88 км<sup>2</sup> в 1989 г. до 11,95 км<sup>2</sup> в 2015 г. Произошло это в основном за счет некоторого улучшения состояния зеленых насаждений парков и лесопарков.

Величина лесистости – один из показателей степени озеленения города. Понятие «лес» имеет широкую трактовку и множество параметров, однако в данном случае речь идет о насаждениях с показателями относи-

тельной фитомассы  $NDVI \geq 0,9$ . С учетом суммарной площади растительности, дешифрованной как лес ( $7,31 \text{ км}^2$ ), в пределах анализируемой территории в Краснодаре она не превышает 4 %. Это существенно меньше оптимальных норм лесистости для города [5] безотносительно к показателям класса бонитета древостоя.

Разность величин NDVI по данным 2015 и 1989 гг. дает представление об изменениях фитомассы внутри города за 26-летний период. Красно-желтые участки свидетельствуют об уменьшении относительной фитомассы с 1989 по 2015 г., зеленые – об увеличении (рис. 3). В табл. 3 обобщены данные об изменениях фитомассы за 26 лет для разных функциональных зон.

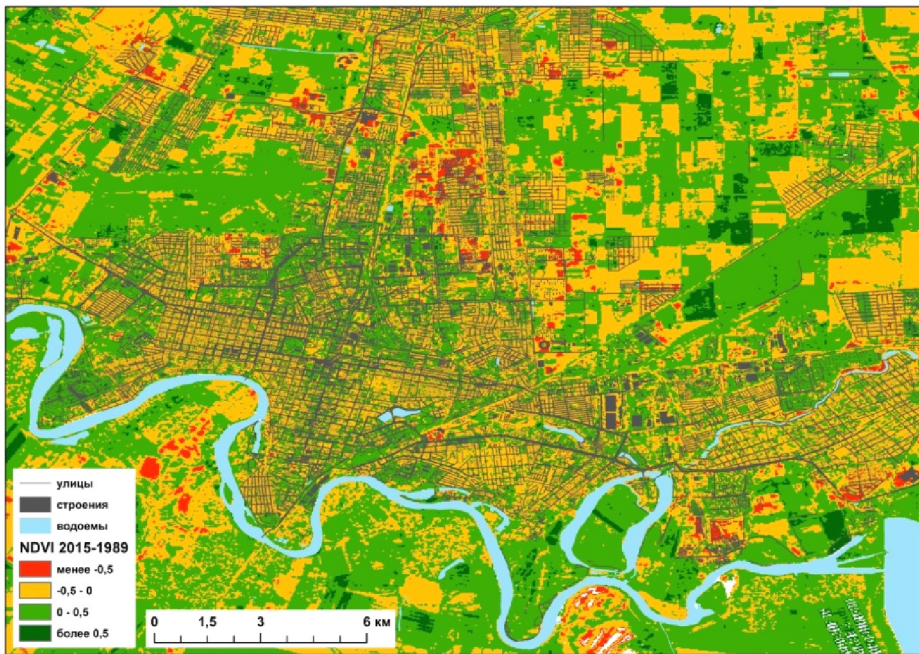


Рис. 3. Разность NDVI по данным 2015 и 1989 гг.

В целом в Краснодаре в анализируемых границах площади потерь и увеличения относительной фитомассы за 1989–2015 гг. оказались сопоставимы (см. табл. 3). В рекреационной зоне суммарные площади увеличения фитомассы ( $16,29 \text{ км}^2$ ) заметно превышают интегральные площади ее потерь ( $8,53 \text{ км}^2$ ). Однако в жилой зоне в целом степень озеленения радикально ухудшилась. Здесь потери фитомассы отмечены на территории  $41,65 \text{ км}^2$ , т.е. на 60 % площади жилой зоны (см. табл. 3).



Таблица 3

Площади с измененной относительной фитомассой, км<sup>2</sup>  
(период 1989–2015 гг.)

Территория	Изменения относительной фитомассы			
	менее –0,5	–0,5...0	0...0,5	более 0,5
Краснодар в границах (см. рис. 1)	5,21	95,02	97,17	3,73
Жилая зона	1,70	39,95	27,02	0,60
Общественно-деловая зона	0,58	10,63	13,46	0,18
Рекреационная зона	0,58	7,95	15,13	1,16
Промышленная зона	0,46	5,45	8,19	0,30

Существенные уменьшения относительной фитомассы за анализируемый период отмечены на участках жилой застройки – в районах между ул. Солнечной и ул. Зиповской, ул. Байбакова и ул. Российской, в южной части микрорайона «Гидростой» и ряде других (рис. 4). Особенно заметна деградация зеленых насаждений на участке торгового комплекса «ОЗ Молл», а также построенного стадиона ФК «Краснодар». Как правило, красные пятна, детектирующие потери зеленых насаждений в городе, компактны и имеют четко выраженную локализацию (рис. 4, б).

Обратим внимание на то, что отечественные нормативы обеспеченности населения площадью озелененных территорий, включая жилые районы (кварталы), составлены в расчете на 1 чел. [2]. Наблюдаемый в Краснодаре феномен сверхбыстрой застройки многоэтажными домами, приводящий к резкому увеличению численности и плотности населения, сопровождается в подавляющем большинстве жилых районов не менее резким уменьшением показателей обеспеченности населения зелеными насаждениями. Ситуация усугубляется еще и тем, что во многих жилых кварталах на фоне роста численности населения показатели фитомассы в последние десятилетия сами по себе существенно снизились (см. рис. 4).

В заключение считаем необходимым выразить некоторые рекомендации. Оптимизация «зеленого каркаса», в которой заинтересованы жители Краснодара, должна проводиться в рамках долгосрочной (ближайшие десятилетия) целевой программы по улучшению экологического состояния города. Очевидно, что одной из ключевых целей программы должно быть сохранение и обоснованное развитие городского «зеленого» фонда (с учетом комплекса требований к территориальной структуре «зеленого каркаса», выбора древесных пород и т.п.). Многочисленные примеры свидетельствуют о возможности создания оптимальной структуры зеленых насаждений в городской застройке, включая жилые районы. Наряду



*a*



*b*

Рис. 4. Разность NDVI по данным 2015 г. и 1989 г. в центральной части (а) и юго-восточной части (б) города

с совершенствованием существующей системы зеленых насаждений в городе следует обратить внимание на практику превращения в зеленые массивы участков подлежащих реновации производственных территорий, а также любых нарушенных городских территорий.

**Выводы:**

1. Распределению зеленых насаждений в Краснодаре присущи: а) дисперсность, высокая неравномерность даже внутри отдельных функциональных зон; б) автономность практически всех крупных зеленых массивов; в) отсутствие непрерывности планировочной структуры зеленых зон в городе и за его пределами.

2. Конфигурация и внутренняя структура зеленых насаждений в Краснодаре должны опираться на конкретные природные (метеорологические, геоморфологические, гидрологические и др.) и техногенные (транспортные, селитебные, рекреационные, производственные и др.) факторы, отвечая показателям комфортности городской среды.

3. Оценка оптимальности «зеленого каркаса» Краснодара предполагает полные и актуальные сведения о состоянии зеленых насаждений, а также количественную оценку средоформирующих и климаторегулирующих эффектов зеленых насаждений в условиях города.

4. Для получения сведений о зеленых насаждениях Краснодара и его окрестностей (краснодарская агломерация) следует на основе сочетания дистанционных и наземных измерений создать базу геоданных зеленых насаждений с необходимыми показателями древесных насаждений (породный состав, ключевые таксационные характеристики, степень износа и пр.) и их групп (по категориям). Необходимость в такой базе геоданных продиктована контролем состояния зеленых насаждений, управлением и развитием системы озеленения.

5. Применение данных дистанционного зондирования (спутники, беспилотники) уменьшает трудоемкость объективного контроля состояния «зеленого» фонда в крупном городе. Спутниковые снимки высокого и сверхвысокого (1 м) пространственного разрешения информативны и полезны для ведения городского кадастра зеленых насаждений, создания автоматизированных систем их обновления, а также для контроля (мониторинга) растительности на территории МО город Краснодар и краснодарской агломерации.

6. Карты дают наглядное представление о пространственном распределении показателей озеленения с возможностью их количественных оценок, обеспечивают планирование объектов озеленения и обоснование их оптимизации. Подробность и информативность карт должна соответствовать возможности анализа в разрезе структурно-планировочных элемен-

тов города (микрорайонов, рекреационных объектов, застройки разного функционального назначения) по социальным (благоустройство) и экологическим критериям.

7. О количественном вкладе зеленых насаждений (как компонента урбоземосистемы Краснодара) в климат Краснодара в предметных показателях практически ничего не известно. Сведения о распределении относительной фитомассы по данным вегетационного индекса дают возможность перейти к модельным оценкам вклада растительности в городской климат и комфортность городской среды.

8. По нашим расчетам с применением вегетационного индекса NDVI лесистость (условный лес соответствует показателями относительной фитомассы  $NDVI \geq 0,9$ ) в границах городской черты 2007 г. на площади около 200 км<sup>2</sup> не превышает 4 %. Это намного меньше оптимальных норм лесистости для крупного города.

9. В подавляющем большинстве новых жилых кварталов Краснодара активная застройка многоэтажными жилыми домами с резким увеличением численности и плотности населения сопровождается кардинальным уменьшением показателей обеспеченности населения зелеными насаждениями.

10. По данным спутниковых снимков с использованием вегетационного индекса NDVI установлено, что в период 1989–2015 гг. в жилой зоне Краснодара существенно сократилась площадь поверхностей с густой растительностью (с 15,54 до 8,08 км<sup>2</sup>) за счет роста площадей с низкими показателями фитомассы (с 16,36 до 24,84 км<sup>2</sup>). Потери фитомассы за 26 лет отмечены на территории 41,65 км<sup>2</sup>, т.е. 60 % площади жилой зоны в пределах городской черты 2007 г.

#### Библиографический список

1. Ерохина В.И., Жеребцова Г.И., Вольфтруб Т.И. Озеленение населенных мест: справ. / под ред. В.И. Ерохиной. – М.: Стройиздат, 1987. – 480 с.
2. СП 42.13330.2011. Свод правил. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200084712> (дата обращения: 20.05.2017).
3. Груздев Г.С., Дорожкина Л.А., Петриченко С.А. Защита зеленых насаждений в городах: справ. – М., 1990. – 544 с.
4. Краснощекова Н. С. Формирование природного каркаса в генеральных планах городов: учеб. пособие для вузов. – М.: Архитектура-С, 2010. – 184 с.
5. Кравчук Л.А. Структурно-функциональная организация ландшафтно-рекреационного комплекса в городах Беларуси. – Минск: Беларуская наука, 2011. – 171 с.
6. Михайлова Е.В. Зеленые насаждения на территории крупного промышленного города (на примере г. Балаково) // Известия Саратовского ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. – 2015. – Т. 15, вып. 4. – С. 18–21.
7. Кулакова С.А. Оценка состояния зеленых насаждений города // Вестник ПГУ. – 2012. – № 4(23). – С. 59–66.
8. Кулакова С.А. Учет зеленых насаждений города Перми // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2014. – Т. 16, № 1 (3). – С. 769–771.

9. Lillesand T.M., Kiefer R.W., Chipman, J.W. Remote Sensing and Image Interpretation. – Fifth Edition. – New Jersey: John Wiley and Sons, 2004. – 804 p.

10. Jwan Al-doski, Shattri B. Mansor, Helmi Zulhaidi Mohd Shafri. NDVI differencing and post-classification to detect vegetation changes in Halabja city, Iraq // *Journal of Applied Geology and Geophysics (IOSR-JAGG)*. – 2013. – Vol. 1, № 2. – P. 1–10.

11. NDVI: vegetation change detection using remote sensing and GIS – A case study of vellore district / Meera Gandhi G, Parthiban S., Nagaraj Thummalu, Christy A. // *Procedia Computer Science*. – 2015. – Vol. 57. – P. 1199–1210.

12. Баймаганбетова Г.А., Голубева Е.И. Космические снимки для картографирования и мониторинга состояния зеленого каркаса г. Астаны // *ИнтерКарто/ИнтерГИС 22. Геоинформационное обеспечение устойчивого развития территорий в условиях глобальных изменений климата: материалы Междунар. науч. конф.* – М.: Научная библиотека, 2016. – Т. 1. – С. 370–379.

13. Кавайяс Ф., Рамос Ю., Бойе А. Инвентаризация городских зеленых насаждений и их мониторинг с использованием данных WorldView-2 // *Геоматика*. – 2011. – № 3. – С. 67–73.

14. Погорелов А.В., Липилин Д.А., Курносова А.С. Спутниковый мониторинг Краснодарского водохранилища // *Географический вестник = Geographical bulletin*. – 2017. – № 1 (40). – С. 130–137.

### References

1. Yerokhina V.I., Zherebtsova G.I., Vol'frub T.I. Ozeleneniye naselennykh mest [Landscaping of inhabited places]. Ed. V.I. Yerokhinoy. Moscow: Stroyizdat, 1987, 480 p.

2. SP 42.13330.2011. Svod pravil. Gradostroitel'stvo. Planirovka i zastroyka gorodskikh i sel'skikh poseleniy [Set of rules. Town planning. Planning and development of urban and rural settlements], available at: <http://docs.cntd.ru/document/1200084712> (accessed 20 May 2017).

3. Gruzdev G.S., Dorozhkina L.A., Petrichenko S.A. Zashchita zelenykh nasazhdeniy v gorodakh [Protection of green plantations in cities]. Moscow, 1990, 544 p.

4. Krasnoshchekova N.S. Formirovaniye prirodnoy karkasa v general'nykh planakh gorodov [Formation of the natural framework in the general plans of cities]. Moscow: Arkhitektura-S, 2010, 184 p.

5. Kravchuk L.A. Strukturno-funktional'naya organizatsiya landshaftno-rekreatsionnogo kompleksa v gorodakh Belarusi [Structurally functional organization of the landscape and recreation complex in the cities of Belarus]. Minsk: Belarusskaya nauka, 2011, 171 p.

6. Mikhaylova Ye.V. Zelenyye nasazhdeniya na territorii krupnogo promyshlennogo goroda (na primere g. Balakovo) [Green spaces on the territory of a large industrial city (based on the example of Balakovo)]. *Izvestiya Saratovskogo un-ta. Nauki o Zemle*, 2015, vol. 15, no. 4, pp. 18–21.

7. Kulakova S.A. Otsenka sostoyaniya zelenykh nasazhdeniy goroda [Assessment of the state of green spaces of the city]. *Vestnik PGU*, 2012, no. 4 (23), pp. 59–66.

8. Kulakova S.A. Uchet zelenykh nasazhdeniy goroda Permi [Taking into account the green spaces of the city of Perm]. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk*, 2014, vol. 16, no. 1(3), pp. 769–771.

9. Lillesand T.M., Kiefer R.W., Chipman, J.W. Remote Sensing and Image Interpretation. Fifth Edition, New Jersey: John Wiley and Sons, 2004, 804 p.

10. Jwan Al-doski, Shattri B. Mansor, Helmi Zulhaidi Mohd Shafri. NDVI differencing and post-classification to detect vegetation changes in Halabja city, Iraq. *Journal of Applied Geology and Geophysics (IOSR-JAGG)*, 2013, vol. 1, no. 2, pp. 1–10.

11. Meera Gandhi G., Parthiban S., Nagaraj Thummalu, Christy A. NDVI: vegetation change detection using remote sensing and GIS – A case study of vellore district. *Procedia Computer Science*, 2015, vol. 57, pp. 1199–1210.

12. Baymaganbetova G.A., Golubeva Ye.I. Kosmicheskiye snimki dlya kartografirovaniya i monitoringa sostoyaniya zelenogo karkasa g. Astany [Satellite images for mapping and monitoring the state of the green framework in Astana city]. *InterKarto/InterGIS 22. Geoinformatsionnoye obespecheniye ustoychivogo razvitiya territoriy v usloviyakh global'nykh izmeneniy klimata: materialy Mezhdunar. nauch. konf.* Nauchnaya biblioteka, 2016, pp. 370–379.

13. Kavayyas F., Ramos YU., Boyye A. Inventarizatsiya gorodskikh zelenykh nasazhdeniy i ikh monitoring s ispol'zovaniyem dannykh WorldView-2 [Inventory of urban green spaces and their monitoring using WorldView-2 data]. *Geomatika*, 2011, no. 3, pp. 67–73.



14. Pogorelov A.V., Lipilin D.A., Kurnosova A.S. Sputnikovyy monitoring Krasnodarskogo vodokhranilishcha [Satellite monitoring of the Krasnodar reservoir]. *Geograficheskii vestnik = Geographical bulletin*, 2017, no. 1(40), pp. 130-137.

Получено 30.05.2017

**A. Pogorelov, D. Lipilin**

## **GREEN SPACES OF KRASNODAR CITY. EVALUATION AND MULTI-YEAR CHANGES**

Krasnodar agglomeration is characterized by unprecedented for Russia speed of residential development and transformation of transport communications. That is why the study of the state of green spaces against the background of rapid changes in the urban environment is an urgent task.

In the article the results of the analysis of spatial distribution and assessment of the dynamics of green spaces in the city of Krasnodar according to the data of multispectral satellite images Landsat for the period 1989-2015 are presented. A widely applicable normalized vegetative index (NDVI) has been used, which gives an idea of the distribution of green spaces in terms of relative phytomass in five distinguished classes – from "bare" vegetation-deprived surfaces to a conventional forest. NDVI values maps are constructed in the context of the main (residential, public, business, recreational and industrial) functional areas of the city.

It has been established that the overwhelming majority of new residential areas of Krasnodar active building of multistorey apartment houses with a sharp increase in the number and density of population is accompanied by a drastic reduction in the indicators of the population's provision with green spaces. For 26 years in the residential area of Krasnodar, the area of surfaces with dense vegetation has decreased substantially (from 15.54 to 8.08 km<sup>2</sup>) due to the growth of areas with low phytomass indicators (from 16.36 to 24.84 km<sup>2</sup>). Losses of phytomass for 26 years were recorded on the territory of 41.65 km<sup>2</sup>, i.e. 60% of the residential area.

Remotely sensed data reduces the complexity of objective control of the state of the green fund in a large city. Recommendations on the inventory and monitoring of the system of green spaces in Krasnodar are given.

**Keywords:** green spaces, urban ecosystem, Krasnodar city, structure, remote monitoring, satellite images, vegetation index (NDVI).

**Погорелов Анатолий Валерьевич** (Краснодар, Россия) – д-р геогр. наук, профессор, заведующий кафедрой геоинформатики, Кубанский государственный университет (350040, г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149, e-mail: pogorelov\_av@bk.ru).

**Липилин Дмитрий Александрович** (Краснодар, Россия) – канд. геогр. наук, преподаватель кафедры геоинформатики, Кубанский государственный университет (350040, г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149, e-mail: LipiLin\_dmitrii@mail.ru).

**Pogorelov Anatoly** (Krasnodar, Russian Federation) – Doctor of Geographical Sciences, Professor, Head of Geoinformatics Department, Kuban State University (350040, Krasnodar, Stavropolskaya str., 149, e-mail: pogorelov\_av@bk.ru).

**Lipilin Dmitry** (Krasnodar, Russian Federation) – Ph.D. in Geographical Sciences, Lecturer of Geoinformatics Department, Kuban State University (350040, Krasnodar, Stavropolskaya str., 149, e-mail: LipiLin\_dmitrii@mail.ru).