ОЦЕНКА УРОВНЯ ОЗЕЛЕНЕНИЯ Г. СЕВАСТОПОЛЯ ПО ДАННЫМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

Е.С. Каширина^{1,4}, А.А. Новиков^{3,1}, Е.И. Голубева², А.М. Новикова³

¹Филиал МГУ в г. Севастополе, РФ, г. Севастополь, ул. Героев Севастополя, 7

E-mail: a_navik@bk.ru

²МГУ имени М.В. Ломоносова, РФ, г. Москва, ул. Ленинские горы, 1

E-mail: egolubeva@gmail.com

³Институт природно-технических систем, РФ, г. Севастополь, ул. Ленина, 28

E-mail: anelkapi@bk.ru

⁴Севастопольский государственный университет, Институт развития города, РФ, г. Севастополь, наб. Корнилова, 1

E-mail: e_katerina.05@mail.ru

Представлены результаты оценки уровня озеленения и состояния городских зеленых насаждений г. Севастополя по данным дистанционного зондирования земли. На основе космического снимка Sentinel-2a на 26 июля 2017 г. на территорию юго-западного Крыма в границах Севастополя рассчитан нормализованный относительный индекс растительности (NDVI). Определено, что 17% площади зеленых насаждений города находится в отличном состоянии, 25% – условно неудовлетворительном, 58% – удовлетворительном и хорошем. Выделены основные экосистемы города: особо охраняемые природные территории, парки, садоводческие товарищества, кладбища и озелененные мемориальные комплексы. Хорошим и отличным состоянием растительности характеризуются горные лесные массивы.

Ключевые слова: зеленые насаждения, город, городские экосистемы, дистанционное зондирование, ГИС-технологии, Крым, Севастополь

Поступила в редакцию: 02.03.2020. После доработки: 19.04.2020.

Введение. Зеленые насаждения, образуя природно-экологический каркас урбанизированной территории, обеспечивают экологически устойчивую пространственную организацию города. Однако качество среды обитания горожан может снижаться, если зелёные насаждения города испытывают значительное антропогенное воздействие, выражающееся в загрязнении атмосферы и деградации почвенного покрова, изменении рельефа, механических повреждениях, увеличении плотности застройки и др.

Роль растений, выполняющих в городе многие функции, трудно переоценить [1]. Так, растения, поглощая углекислый газ в процессе фотосинтеза, продуцируют кислород и создают определенное количество фитомассы, на которое влияют радиационный баланс, осадки и освоенность территории. В свою очередь структурно-функциональная организация растительного покрова, определяющая запас фитомассы, оказывает исклю-

чительное влияние на трансформацию солнечной энергии (поглощение, отражение и проникновение солнечной радиации), изменение микроклиматических условий путем преобразования свойств воздушных масс (температуры и влажности воздуха, скорости ветра, газового состава), интенсивность влагооборота и т.д. [2]. Кроме того, зеленые насаждения в городе представляют важный рекреационный ресурс, выполняя, помимо, биосферной, важную социальную функцию. Велика эстетическая функция городских зеленых насаждений, особенно цветников. Поэтому оценка состояния растительности урбанизированных территорий является актуальной задачей обеспечения жителей экологически безопасной и благоприятной средой проживания.

В последнее время в связи с развитием методов обработки данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) активно внедряется их использование для

исследования и оценки состояния растительности, например, для городских зеленых насаждений городов России (Москвы, Хабаровска, Краснодара) и зарубежных стран (Нур-Султана, городов США и др.) [3–8].

Анализ размещения зеленых насаждений и запасов фитомассы на основе расчетов вегетационного индекса (NDVI) позволяет оценить современное состояние, динамику развития зеленого каркаса города и оптимизировать проведение экологического мониторинга. Как показывают исследования, история, современное развитие городов, их благоустройство во многом определяется состоянием зеленых насаждений и особенностями зеленого каркаса.

Город Севастополь, основанный более двухсот лет назад, расположен в юго-западной части Крымского полуострова на границе субтропического средиземноморского и умеренного климатических поясов. Такое географическое положение и обширность территории города (86 тыс. га) объясняет разнообразие его природных ландшафтов, которые представлены прибрежными, предгорными, горными и южнобережными типами. Городские зеленые насаждения представлены совокупностью древесно-кустарниковых и травянистых растений, а также элементами благоустройства. Современные зеленые насаждения Севастополя можно разделить на естественные (леса, редколесья, рощи и т.п.) и искусственные (парки, скверы, бульвары, лесопосадки и т.п.). Естественные природные сообщества сохранились в юго-восточной части города, образуя его горно-лесную зону. Искусственные насаждения создавались в процессе озеленения города, в соответствии с градостроительной политикой и территориальным планированием.

В связи с этим, цель настоящего исследования состояла в проведении оценки современного состояния зеленых насаждений города Севастополя для совершенствования управления природным каркасом и средой проживания человека.

Материалы и методы. Оценка состояния зеленых насаждений г. Севасто-

поля проводилась с использованием методов дистанционного зондирования Земли – космического снимка и рассчитанного на его основе показателя количества фотосинтетически активной биомассы (NDVI). NDVI – нормализованный относительный индекс растительности, обычно называемый вегетационным индексом – это один из распространенных индексов для решения задач изучения и количественной оценки состояния растительного покрова

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED},$$

где NIR – отражение в ближней инфракрасной (ИК) области спектра (0,75–1,0 мкм), RED – отражение в красной области спектра (0,55–0,75 мкм) [9]. На красную область спектра приходится максимум поглощения солнечной радиации хлорофиллом, а на ближнюю инфракрасную – максимальное отражение энергии клеточной структурой листа. Т.е. высокая фотосинтетическая активность (связанная, как правило, с большой фитомассой) ведет к более низким значениям коэффициентов отражения в красной зоне спектра и большими значениями в ближней ИК. NDVI принимает значения от -1 до 1, где большим значениям соответствует более высокий уровень вегетационной активности. Также отношение этих показателей друг к другу позволяет с высокой точностью отделять растительность от прочих природных объектов [10].

В качестве исходных данных для анализа выбран снимок с космического аппарата Sentinel-2a на 26 июля 2017 г. на территорию юго-западной части Крымского полуострова в административных границах Севастополя [11]. Пространственное разрешение снимка составило 10*10 м на пиксель. Первичная обработка и классификация изображения проводились в программе «Scanex Image Processor». Предварительная обработка снимка включала радиометрическую калибровку и атмосферную коррекцию. Пространственное распределение индекса вегетации было пропущено через алгоритм автоматической классификации с обучением. Исходя из значений NDVI, а также комбинаций исходных каналов

растра, выделены следующие типы подстилающей поверхности:

- водные объекты;
- земли с нарушенным естественным покровом (преимущественно под застройкой, действующими карьерами и т.п.) – 1-й класс;
- открытые территории с травянисто-кустарниковой растительностью (в том числе сельскохозяйственные земли, растительность в угнетенном состоянии) – 2-й класс;
- древесно-кустарниковая растительность:
 - с низкой фотосинтетической активностью в угнетенном состоянии – 3-й класс;
 - со средней фотосинтетической активностью в хорошем состоянии – 4-й класс;
 - с высокой фотосинтетической активностью в отличном состоянии – 5-й класс.

Классы растительности отражают фотосинтетическую активность и, как следствие, состояние зеленых насаждений. Участки с высокой фотосинтетической активностью 5-го класса оценены,

как растительность в отличном состоянии; со средней (4-й класс) – в хорошем состоянии, с низкой (3-й класс) – в удовлетворительном состоянии. Участки с низкой фотосинтетической активностью 1-го и 2-го класса оценены как растительность в неудовлетворительном состоянии.

Для последующего анализа использовалась свободная географическая информационная система QGIS.

Результаты и их обсуждение. Для каждого из выделенных классов состояния растительности с помощью инструмента «Зональная статистика» QGIS рассчитаны средний, среднеминимальный и среднемаксимальный показатели NDVI (табл. 1).

Как видно, к первому классу относятся 2,3% площади города, ко второму классу – 22,9% зеленых насаждений города. Это преимущественно участки степной и лесостепной растительности в сочетании с урбанизированными территориями и сельскохозяйственными угодьями. Оба класса характеризуют растительность в условно неудовлетворительном состоянии.

Таблица 1. Распределение значений расчетного показателя NDVI для растительности разных классов в г. Севастополе на 2017 г.

Состояние растительности	Классы	Площадь, км ²	Площадь, %	NDVI среднее
Крайне неудовлетворительное	1	19,4	2,3	0,19
Неудовлетворительное	2	196,8	22,9	0,37
Удовлетворительное	3	275,0	32,0	0,48
Хорошее	4	216,2	25,1	0,66
Отличное	5	152,4	17,7	0,81
	всего	859,8	100	

Площадь территорий с древесно-кустарниковой растительностью и значением показателя NDVI более 0,5 составляет 74%. Их состояние оценивается, как удовлетворительное, хорошее и отличное. Наиболее высокие значения NDVI (более 0,66) отмечены только для 17% территории города, которые отнесены к растительности в отличном состоянии.

В распределении растительности разного состояния по районам г. Севастополя (табл. 2) заметно преобладание 1

и 2 классов, т.е. растительности в неудовлетворительном состоянии, для Гагаринского, Ленинского и Нахимовского районов. Растительность в удовлетворительном и хорошем состоянии (3 и 4 классы) отмечена только для Балаклавского района.

Отмечается, что 99,4% зеленых насаждений 5-го класса расположены в Балаклавском районе. В отличие от него, большую часть территории Гагаринского района занимают открытые земли с травянисто-кустарниковой растительно-

стью (63,6%), тогда как растительность с высокой фотосинтетической активностью представлена всего на 0,1 га. Такое распределение значений NDVI говорит о проблемах, связанных с уровнем озеленения отдельных районов. Аналогичная ситуация складывается в Ленинском

районе, где половина территорий – без древесной растительности, а зеленые насаждения со средней фотосинтетической активностью представлены лесным массивом Максимовой дачи в его юго-восточной части (13,6% территории).

Таблица 2. Распределение зеленых насаждений разного состояния по районам г. Севастополя

	Гагаринский		Ленинский		Нахимовский		Балаклавский	
	га	%	га	%	га	%	га	%
1	678,2	7	217,6	14,4	526,3	2,4	517,7	1
2	6190,2	63,6	552,1	36,5	8212,4	37,4	4725,2	9
3	2626	27	535,8	35,4	8264,1	37,6	16075,1	30,5
4	235	2,4	205,2	13,6	3115,5	14,2	18066,3	34,2
5	0,1	0	0,9	0,1	1858,8	8,5	13382,6	25,4
итого	9729,4	100	1511,6	100	21977,1	100	52766,8	100

*Описание классов растительного покрова см. выше.

Треть территорий Гагаринского и Ленинского районов занята древесно-кустарниковой растительностью с низкой фотосинтетической активностью. В Нахимовском и Балаклавском районах расположены крупные лесные массивы, что определяет их высокую фотосинтетическую активность.

Несмотря на высокий процент озеленения территории города, древесно-кустарниковая растительность распределена очень неравномерно. Наиболее освоенная территория города находится на Гераклейском полуострове, тогда как крупные массивы леса сосредоточены в юго-восточной и восточной предгорной и горной частях Севастополя.

Необходимо отметить, что пространственное распределение значений показателя NDVI (рис. 1) обусловлено в первую очередь типом растительности, её состоянием. Так, для Гераклейского полуострова и Северной стороны города характерен высокий уровень застроенных и запечатанных поверхностей, сельскохозяйственной освоенности. Степные участки имеют ограниченное распространение по побережью и в труднодоступных районах прибрежных склонов. Южная, юго-восточная и восточная части города относятся к горно-лесной зоне с преобладанием широколиственных лесов из дуба пушистого и скального (*Quercus pubescens* Willd. и *Q. petraea* (Matt.) Liebl.), граба обыкновенного и

восточного (*Carpinus betulus* L. и *C. Orientalis* Mill.), бука европейского (*Fagus sylvatica* L.) и хвойных редколесий из можжевельника высокого и дельтовидного (*Juniperus excelsa* M. Bieb. и *J. deltoides* R.P. Adams), сосны брустийской (пицундской) (*Pinus brutia* Ten.).

Значительный вклад в долю зеленых насаждений со средней фотосинтетической активностью в пределах городской черты вносят лесополосы из сосны крымской (Палласа) (*Pinus pallasiana* D. Don), расположенные в предгорье и на низкогорьях. Древесно-кустарниковая растительность с низкой фотосинтетической активностью также представлена зелеными насаждениями дач и садовых участков, приусадебного хозяйства частного сектора и в значительной мере зависит от возможности орошения.

Это также означает, что главным источником кислорода и средством самоочищения атмосферы для г. Севастополя остаются естественные лесные сообщества, тогда как искусственные лесопосадки и садово-дачная растительность способны лишь поддержать «главные легкие» города. Однако необходимо отметить большое значение данных типов землепользования в поддержании экологического каркаса Севастополя. Проведенный анализ позволяет выделить основные экосистемы города, которые выполняют высокую средообразующую функцию (табл. 3; рис. 2, 3).

Классы состояния растительности: 1 – крайне неудовлетворительное (территории плотной застройки и промышленные объекты практически лишенные растительности); 2 – неудовлетворительное (территории с травянисто-кустарниковой растительностью и низкой фотосинтетической активностью); 3 – удовлетворительное (территории с древесно-кустарниковой растительностью с низкой фотосинтетической активностью); 4 – хорошее (территории с древесно-кустарниковой растительностью со средней фотосинтетической активностью); 5 – отличное (территории с древесно-кустарниковой растительностью с высокой фотосинтетической активностью)

Рис. 1. Распределение классов состояния растительности по значениям NDVI на территории г. Севастополя

Classes of vegetation conditions: 1 – extremely unsatisfactory (areas of dense construction and industrial facilities virtually devoid of vegetation); 2 – unsatisfactory (areas with herbaceous and shrubby vegetation and low photosynthetic activity); 3 – satisfactory (areas with woody and shrubby vegetation with low photosynthetic activity); 4 – good (areas with woody and shrubby vegetation with average photosynthetic activity); 5 – excellent (areas with tree and shrub vegetation with high photosynthetic activity)

Fig. 1. Distribution of vegetation status classes by NDVI values on the territory of Sevastopol

Как видно из полученных данных, наиболее высокие значения NDVI отмечены для следующих объектов:

– наибольшую значимость для региона имеет ландшафтный заказник «Байдарский», занимающий обширную территорию на юго-востоке Большого Севастополя и частично Бахчисарайского района Республики Крым. Среднее значение NDVI для территории заказника составляет 0,71. В границах заказника сосредоточены основные лесные массивы города – дубовые, грабовые, буковые и можжевельниковые сообщества. Леса Байдарского заказника отличаются сложной фитоценотической структурой, наличием большого количества видов, занесенных в Красную книгу Севастополя и Российской Федерации, а также международные красные списки;

– природный парк «Максимова дача» расположен в городской черте, но отличается разнообразием растительности и богатством флоры. На его территории сохранились массивы дубово-грабового леса и редколесья фисташки туполистной (*Pistacia mutica* Fisch. et C.A. Mey.),

также имеются посадки сосны Палласа (крымской) и с. брутйской, бобовника анагирилистного (*Laburnum anagyroides* Medikus), скумпии кожевенной (*Cotinus coggygria* Scop.) и парковых насаждений;

– ботанический памятник природы «Ушакова балка» также расположен в городской черте среди плотной застройки. В Ушаковой балке сохранилась роща фисташки туполистной, занесенной в Красную книгу РФ. В балке сформировались лесопарковая растительность из сосны Палласа, каркаса западного (*Celtis occidentalis* L.), робинии лжеакалии (*Robinia pseudoacacia* L.), софоры японской (*Styphnolobium japonicum* (L.) Schott) и других древесных пород. В настоящее время балка используется как место отдыха населения прилегающих кварталов;

– Мекензиевское лесничество – крупный лесной массив на северо-востоке административной территории Севастополя. Он включает как естественные леса, так и искусственные посадки, главным образом сосны Палласа;

Таблица 3. Среднее значение NDVI основных экосистем города Севастополя

№	Название объекта	S*, га	NDVI сред.	№	Название объекта	S, га	NDVI сред.
1	Ландшафтный заказник «Байдарский»	24329	0,71	14	Братское кладбище	21,21	0,46
2	Природный парк «Максимова дача»	58,1	0,67	15	Городское кладбище, 5 км	107,11	0,45
3	Ботанический памятник природы Ушакова балка	18,48	0,63	16	Парк им. 35-летия Победы	4,18	0,44
4	Мекензиевское лесничество	8354	0,62	17	Детский городок «Лукоморье»	2,4	0,43
5	Сквер на пл. Ген. Захарова	0,31	0,61	18	Медгородок «Хутор Пятицкого»	9,74	0,42
6	Комсомольский парк	3,08	0,57	19	Сквер им. Гагарина	2,18	0,37
7	Заповедное урочище «Скалы Ласпи»	35,65	0,56	20	Парк Победы	68,37	0,36
8	Ландшафтный заказник «Мыс Айя»	1294	0,56	21	СТ «Сатурн»	21,53	0,33
9	СТ «Морзаводец»	25,83	0,54	22	Античный Парк	2,31	0,3
10	Старое кладбище, ул. Пожарова	20,6	0,53	23	Парк им. Анны Ахматовой	6,06	0,29
11	Малахов курган	19,08	0,51	24	Студенческий городок	3,57	0,27
12	Приморский бульвар	3,39	0,5	25	Третий бастион	0,89	0,26
13	Исторический бульвар	25,62	0,5				

*S –Площадь

Рис. 2. Основные экосистемы города Севастополя (фрагмент)
Fig. 2. The most important ecosystems of Sevastopol (fragment)

– сквер на площади Генерала Захарова относительно небольшой по площади с посадками платана кленолистного (*Platanus × acerifolia* (Aiton) Willd.);

– Комсомольский парк расположен в центре Севастополя среди исторической застройки. С севера парк выходит к известняковым обрывам над Южной бухтой, с юга – к автодороге и городским кварталам. Парк состоит из посадок хвойных и лиственных пород – ели голубой (*Picea pungens f. glauca* Beissn.), кедра атласского (*Cedrus atlantica* (Endl.) G. Manetti ex Carriere), софоры японской, робинии лжеакации и др.

Несмотря на высокий процент озеленения территории города, зеленые насаждения распределены очень неравномерно. Наиболее освоенная (городская) территория находится на Гераклейском полуострове, при этом крупные

массивы леса сосредоточены в юго-восточной и восточной частях города.

Из схемы видно, что основные экосистемы города – это особо охраняемые природные территории (ООПТ), парки, садоводческие товарищества, кладбища и мемориальные комплексы. Анализ распределения площадей указанных экосистем позволяет говорить о ведущей роли ООПТ, имеющих значительные размеры – ландшафтные заказники «Байдарский» и «Мыс Айя», памятник природы «Ушакова балка» и природный парк «Максимова дача».

Выводы. Проведенное исследование позволяет сделать выводы.

1. Зеленые насаждения г. Севастополя формируют среду проживания горожан, но распределены крайне неравномерно – с максимумом в юго-восточной горной части и минимумом на урбанизированной западной части.

Рис. 3. Примеры зеленых насаждений города Севастополя: а) буковый лес в заказнике «Байдарский»; б) сосновые редколесья заказника «Мыс Айя»; в) парк на Малаховом кургане; г) можжевельник высокий на Братском кладбище (фото Е.С. Кашириной, А.А. Новикова)

Fig. 3. General view of the main ecosystems of the city of Sevastopol: a) beech forest in the reserve «Baydarsky»; b) pine woodlands of the reserve «Cape Aya»; c) Park on Malakhov Kurgan; d) high juniper in the Bratskoe cemetery (photo by E. S. Kashirina, A. A. Novikov)

2. Среднее значение NDVI для зеленых насаждений г. Севастополя варьируется от 0,19 до 0,81, что позволяет разделить участки растительности по уровню фотосинтетической активности и, как следствие, состоянию от неудовлетворительного до отличного.

3. В условно неудовлетворительном состоянии находится 25% площади города, остальные более 75% – в удовлетворительном, хорошем и отличном состоянии. Около 17% территории города отнесены к растительности в отличном состоянии.

4. Основные экосистемы города – это особо охраняемые природные террито-

рии, парки, садоводческие товарищества, кладбища и мемориальные комплексы: ландшафтный заказник «Байдарский», природный парк «Максимова дача», ботанический памятник природы «Ушакова балка», сквер на пл. Ген. Захарова, Комсомольский парк и др.

5. Горные лесные массивы, характеризующиеся хорошим и отличным состоянием растительности, позволяют поддерживать в целом удовлетворительную экологическую ситуацию в г. Севастополе.

Таким образом, полученные результаты позволяют оценить современное состояние, проследить динамику разви-

тия городского зеленого каркаса и оптимизировать мероприятия по территориальному планированию при управлении зелеными насаждениями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Bolund P., Hunhammar S. Ecosystem services in urban areas // *Ecol. Econ.*, 1999. 29. P. 293–301.
2. Берущаивили Н.Л. Геофизика ландшафта. М.: Высш. шк., 1990. 287 с.
3. 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.: Науч. б-ка, 2016. Т. 1. С. 370–379.
4. Кузнецов О.В., Маркелов Г.Я. Оценка зеленых насаждений Хабаровска с использованием материалов ДЗЗ и ГИС-технологий // *Геоматика*. 2013. № 1. С. 32–38.
5. Погорелов А.В., Литилин Д.А. Зеленые насаждения города Краснодара. Оценка и многолетние изменения // *Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика*. 2017. № 3. С. 192–205.
6. Оценка отдельных характеристик зеленых насаждений на территории города Москвы на основе данных дистанционного зондирования Земли [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://sovzond.ru/projects/6018/> (дата обращения: 05.09.2019).
7. Feng L. Urban vegetation classification based on Phenology using HJ-1A/B time series imagery / L. Feng, L.J. Zhu, H. Liu [et al.] // *Urban Remote Sens. Event-JURSE*. 2015. P. 1–4.
8. Katie M. Spahr Greening up storm-water infrastructure: Measuring vegetation to establish context and promote cobenefits in a diverse set of US cities / M. Spahr Katie, D. Bell Colin, E. McCray John [et al.] // *Urban Forestry & Urban Greening*. 2020. Vol. 48. P. 126548.
9. NDVI – теория и практика [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://gis-lab.info/qa/ndvi.html> (дата обращения: 05.09.2019).
10. Черепанов А.С., Дружинина Е.Г. Спектральные свойства растительности и вегетационные индексы // *Геоматика*. 2009. № 3. С. 28–32.
11. Sentinel-2 [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://eros.usgs.gov/sentinel-2> (дата обращения: 05.09.2019).

Исследование выполнено при поддержке РФФИ, грант № 18-45-920045 p_a и гранта Российского научного фонда (проект № 20-47-01001)».

ASSESSING SEVASTOPOL GREENERY LEVEL USING REMOTE SENSING

E.S. Kashirina^{1,4}, A.A. Novikov^{1,3}, E.I. Golubeva², A.M. Novikova³

¹ Branch of M.V. Lomonosov Moscow State University in the city of Sevastopol, RF, Sevastopol, Geroyev Sevastopolya St., 7

² M.V. Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Environmental Management Department, RF, Moscow, Leninskie Gory St., 1

³ Institute of Natural Technical Systems, RF, Sevastopol, Lenin St., 28

⁴ Sevastopol State University, City Development Institute, RF, Sevastopol, Kornilova nab., 1

The article presents the results of assessing the greenery level and the condition of urban green spaces in Sevastopol based on remote sensing data. Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) was calculated using the Sentinel-2A satellite image (July 26, 2017) for the territory of the south-western part of the Crimean peninsula within the administrative borders of Sevastopol. About 25% of the urban green spaces are in unsatisfactory condition, while other more than 75% is in satisfactory, good and excellent condition. The most important ecosystems of the city are identified, which include specially protected natural areas, parks, horticultural societies, cemeteries and memorial complexes. Mountain forests are characterized by good and excellent vegetation condition.

Keywords: green spaces, city, urban ecosystems, remote sensing, GIS technology, Crimea, Sevastopol