

**А.Б. Бубнова, М.Р. Вагизов, Т.В. Двадцатова, А.С. Крюковский,
И.А. Мельничук**

**ПРИМЕНЕНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ
И НАЗЕМНЫХ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЙ
ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЯ ВИДОВОГО СОСТАВА ГАЗОНОВ
В РАЗЛИЧНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ
ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ РЕКРЕАЦИОННОЙ НАГРУЗКИ
(НА ПРИМЕРЕ ОБУХОВСКОГО СКВЕРА, САНКТ-ПЕТЕРБУРГ)**

Введение. Недавние изменения в климате во всём мире, в том числе периоды наступления аномальной жары и длительной засухи, привели к ухудшению состояния городских зелёных объектов. Вне зависимости от климатических условий, доступности воды на той или иной территории либо культурных традиций газоны являются самыми распространёнными элементами городских зелёных объектов во всём мире, занимая до 50–70% площади зелёных территорий в городских местностях [Ignatieva и др., 2020; Фролов, 1988]. Формирование видового состава напочвенного покрова в условиях современного мегаполиса определяется не только историческими процессами. Интенсивная и многофункциональная деятельность человека в городах приводит к изменению окружающей природной среды. Естественная растительность сменяется сформированными человеком урбанوفитоценозами. Формируется специфический тип городского микроклимата за счет изменения ряда климатических характеристик [Добровольский, 1997].

В урбанизированной среде ограничена площадь питания корневых систем. В зоне интенсивного транспортного движения из-за применения реагентов, используемых для обработки тротуаров в зимний период, травянистые растения в газонах также подвергаются неблагоприятным воздействиям [Горышина, 1991].

В городах климат характеризуется более высокой среднегодовой температурой воздуха, с средним на 0,5–5 °С выше, по сравнению с природной зоной [Берлянд, Кондратьев, 1972]. Формирование климатических условий обусловлено усиленным притоком антропогенного тепла, источником которого являются промышленные предприятия, транспорт, отопительные системы [Кавеленова, Кведер, 2006].

Проблемы создания и ухода за газоном крайне актуальны сегодня. Газон выполняет целый ряд экосистемных задач, таких как рекреация, снижение шума и загрязнения, а также эстетическую [Чепурина, 2013]. В настоящее время все больше внимания уделяется проблеме улучшения экологической обстановки и поддержания благоприятной для человека среды обитания [Волкова, Соболев, 2015] как в населенных пунктах, так и в городах. Проводится работа по созданию новых озелененных территорий, реконструкции и сохранению существующих зеленых насаждений. Одним из факторов улучшения эстетичности, экологичности и устойчивости городских ландшафтов и территорий, оздоровления городской среды обитания, в том числе визуальной, является, в частности, создание высококачественных газонов. Для формирования качественных дерновых покрытий имеет важнейшее значение разработка эффективных приемов агротехники – борьба с сорной растительностью, применение удобрений и др. Количество таких исследований для декоративных дерновых покрытий крайне мало [Раждабов, 2009].

Повышение уровня техногенной нагрузки на городскую среду определяет необходимость пересмотра сложившихся подходов к организации вновь проектируемых и содержанию существующих объектов насаждений, включению в ассортименты растений видов и сортов, обладающих высокими адаптационными возможностями в специфических условиях городской среды [Цымбал, Трубачева, Двадцатова, 2021]. В условиях изменения климата целесообразность создания и поддержания идеального газона ставится под вопрос [Двадцатова, Мельничук, 2017].

Санкт-Петербург является одним из наиболее динамично развивающихся городов России, что проявляется в строительстве новых микрорайонов, транспортной доступности и культурной составляющей. Соответственно увеличивается рекреационная нагрузка на объекты озеленения, особенно в центральных районах города. Территории общего пользования городского значения в Санкт-Петербурге по данным адресной программы Комитета по благоустройству на 2022 г. составляют 5409 га, показатель обеспеченности населения территориями зеленых насаждений в центральных районах города, исходя из численности населения Санкт-Петербурга на 01.01.2022 г., составляет: Центральный район – 4,69 м²/чел., Адмиралтейский район – 7,36 м²/чел., Василеостровский район – 7,09 м²/чел., Петроградский район – 25,47 м²/чел. [<https://www.gov.spb.ru>].

Засушливое лето 2021 г. в Санкт-Петербурге, которое привело к выгоранию газонов в центральной части города, активность интернет-

сообществ и круглые столы в Комитете по благоустройству, на которых поднимался вопрос о регулярности кошения газона или его прекращении, продемонстрировали необходимость проведения научных исследований по городским газонам и создания демонстрационных площадок, на которых жители, специалисты и все заинтересованные граждане смогли бы принять участие и убедиться в эффективности (экологической и экономической) различных типов газонов.

В рамках проекта «Газон как индикатор состояния устойчивой городской среды и адаптации к изменениям климата», поддержанного Российским научным фондом (исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-26-20120, <https://rscf.ru/project/22-26-20120/> и гранта Санкт-Петербургского научного фонда в соответствии с соглашением от 14 апреля 2022 г. № 31/2022), для проведения научного исследования выбрано 25 объектов по согласованию с Комитетом по благоустройству. На выбранных объектах заложены постоянные пробные площади для изучения существующих типов газонов. Данная статья представляет первичные результаты исследования и является частью работ по гранту РНФ.

Исследовательская программа гранта направлена на построение научного фундамента для разработки научно-обоснованных рекомендаций по совершенствованию технологий строительства, содержания газонов и повышению эффективности мониторинга их состояния в условиях глобального изменения климата.

Цель исследования в рамках представленных материалов – это изучение текущих биологических и экологических условий существования газонов на примере одного из типичных объектов насаждений общего пользования в центре Санкт-Петербурга.

Методика исследования. Обуховский сквер на Обуховской площади расположен в Адмиралтейском районе Санкт-Петербурга, площадь объекта составляет 2800 м². Объект относится к объектам зеленых насаждений I категории – это объекты зеленых насаждений рекреационного назначения, имеющие значимый социальный или исторический статус с крайне высокой степенью рекреационной нагрузки, требующие усиленного режима ухода. Таким образом, этот объект может использоваться для описания типичного состояния скверов в центре города.

Для изучения видового состава на газонах Обуховского сквера была применена методика «Ассортимент растений, функциональные особенности газонных растений, уход за газоном, опылители, посещающие газоны»,

разработанная под руководством М.Е. Игнатьевой и применяющаяся в нескольких странах по всему миру в рамках единой исследовательской программы. В данной методике особое внимание уделено проективному покрытию видов, фенологической фазе, высоте растений и уходу за газоном. Данная методика позволяет дифференцировать газоны по различным признакам, что позволяет уточнять и корректировать мероприятия по уходу, которые в настоящее время не учитывают то, что участки одного и того же вида газона могут существенно отличаться.

Методика была дополнена фотографированием газона, результаты которого затем будут использованы для разработки алгоритмов искусственного интеллекта по автоматическому распознаванию объективных характеристик газона.

Исследование проводилось на прямоугольных участках – профилях площадью 10 м² (рис. 1).



Рис. 1. Схема расположения профилей

Fig. 1. Map of research profiles

Местоположение профиля на объекте определялось в зависимости от экологических условий и степени рекреационной нагрузки. Всего на объекте выделено четыре типа профиля: солнечный вытоптанный (СВ) – профиль 1, солнечный не вытоптанный (СНВ) – профиль 2, теневой вытоптанный (ТВ) – профиль 3, теневой не вытоптанный (ТНВ) – профиль 4. На каждом профиле

для статистических сопоставлений закладывалось 20 повторных пробных площадей, каждая площадью $0,25 \text{ м}^2$. Профили 1 и 3 имеют высокую степень рекреационной нагрузки, профили 2 и 4 не имеют рекреационной нагрузки, либо она выражена слабо. Наблюдения на профилях производились каждую неделю с мая по сентябрь 2022 г. В период наблюдений было зафиксировано три кошения на всех профилях: 5 июня, 6 июля и 28 августа.

В рамках исследования проведён сбор информации средствами беспилотного летательного аппарата (БЛА) типа квадрокоптер компании DJI, модель аппарата Air 2s. Применение средств БЛА в рамках сбора информации о природно-технических системах нашло широкое применение [Алексеев, 2016, Вагизов, 2022]. Полёты проводились в дневное время суток над пробными площадями с использованием вертикального взлёта на базе четырёхроторной платформы. Наиболее подходящий тип БЛА для аэрофотосъёмки небольших площадок (частности газонов в городской черте) – это аппараты мультикоптерного типа, технологии применения таких устройств и их особенности описаны в научной работе [Ермоченко, 2018]. Особенность съёмки состояла в небольших высотах полёта, не более 10 м над уровнем земли. Связано это с тем, что разрешающая способность фотофиксирующей аппаратуры не позволяет фиксировать все особенности травянистой растительности на высоте полёта более 20 м, поэтому коллективом авторов принято решение о проведении съёмки на двух высотах – 3 и 5 м (рис. 2). Таким образом, на каждую пробную площадь сформировано два массива типа исходных изображений.



Рис. 2. Пример полученных изображений двух высот с БЛА DJI Air 2s:
а – 3 м; б – 5 м

Fig. 2. Example of two altitude images obtained from the DJI Air 2s UAV:
a) – 3 m; b) 5 m

В ходе проведения сбора информации средствами БЛА использовано открытое программное обеспечение Litchi для мобильных платформ. На части пробных площадей в виду небольшой площади аэрофотосъемки построение полётного задания было нецелесообразно, съёмка производилась в режиме телеоперационного управления с использованием встроенного программного обеспечения компании производителя БЛА – DJI Fly. При проведении полёта с использованием полётного задания требовалось проведение калибровки снижения исходной скорости движения БЛА до 3 м/с. Обосновано это тем, что при такой заданной скорости ход движения квадрокоптера становился плавнее, что позволяло фиксировать газон с более чёткой стабилизацией и детализацией захватываемого изображения. Объём собранных данных на конец сентября по 10 объектам составил более 10 Гб.

Результаты исследования.

Видовой состав растений на газонах представлен 16 видами травянистых растений (табл. 1.), из которых к основному ассортименту газонных трав [Головач, 1955] относятся три вида – *Dactylis glomerata* L., *Poa pratensis* L. и *Trifolium repens* L. На профиле 1 произрастает 6 видов, на профиле 2 – 7 видов, на профиле 3 – 4 вида, на профиле 4 – 12 видов. Наименьшим количеством видов представлен участок, который находится в затененных условиях и подвержен высокой рекреационной нагрузке. При этом необходимо отметить, что вне зависимости от степени освещенности участка и уровня рекреационной нагрузки на всех профилях встречаются *Matricaria discoidea* DC. и *Poa pratensis* L.

Средняя встречаемость *P. pratensis* на участках, подверженных рекреационной нагрузке: 8,13 – освещенный участок, 17 – затененный; на участках, не имеющих рекреационной нагрузки, данный вид встречается на всех 20 пробных площадях. *M. Discoidea*, наоборот, встречается чаще на участках, подверженных рекреационной нагрузке, например, средняя встречаемость на теневом, не вытоптанном – на 16 пробных площадях. Средняя встречаемость остальных видов на профилях в период наблюдений с мая по сентябрь представлена следующим образом: на первом профиле наиболее часто встречающимися являются виды *M. pusilla* – 13,62; *P. aviculare* – 8,32; на втором профиле – *P. major* – 13, *P. anserina* – 8; на четвертом профиле – *T. officinale* – 17, *P. anserine* – 12.

Таблица 1

Видовой состав газонов на профилях

Species composition of lawn on profiles

Номер профиля	Профиль (условия)	Количество видов	Ассортимент
1	Освещенный, вытоп- танный	6	<i>Capsella bursa-pastoris</i> Medik., <i>Malva pusilla</i> Sm., <i>Matricaria discoidea</i> DC., <i>Poa pratensis</i> L. , <i>Polygonum aviculare</i> L., <i>Urtica urens</i> L.
2	Освещенный, не вы- топтанный	7	<i>Matricaria discoidea</i> DC., <i>Plantago maxima</i> Jacq., <i>Poa pratensis</i> L. , <i>Potentilla anserina</i> L., <i>Stellaria media</i> (L.) Vill., <i>Taraxacum officinale</i> F.H.Wigg., <i>Trifolium repens</i> L.
3	Затенённый, вытоп- танный	4	<i>Matricaria discoidea</i> DC., <i>Plantago major</i> L., <i>Poa pratensis</i> L. , <i>Taraxacum officinale</i> F.H.Wigg.
4	Затенённый, не вы- топтанный	12	<i>Capsella bursa-pastoris</i> Medik., <i>Cerastium fontanum</i> Baumg., <i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop., <i>Dactylis glomerata</i> L. , <i>Matricaria discoidea</i> DC., <i>Plantago maxima</i> Jacq., <i>Poa pratensis</i> L. , <i>Polygonum aviculare</i> L., <i>Potentilla anserina</i> L., <i>Stellaria media</i> (L.) Vill., <i>Taraxacum officinale</i> F.H.Wigg., <i>Trifolium repens</i> L.

Проплешины. На всех типах участков имеются проплешины, мох, сухие листья или мусор, что соответствует определению удовлетворительно-го состояния газонов согласно Методике оценки экологического состояния зеленых насаждений Санкт-Петербурга (2021).

Профиль №1 (освещено, высокая нагрузка)

На освещенном участке с высокой степенью рекреационной нагрузки (табл. 2, рис. 3.) процент проплешин превышает 20%, что свидетельствует о неудовлетворительном состоянии газона.

Таблица 2

Проективное покрытие на профиле 1**Projective cover on profile 1**

Наименование вида	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Среднее
Профиль 1 (освещенный, вытопанный), %						
Горец птичий (<i>Polygonum aviculare</i>)	0,88	12,27	27,49	36,66	29,42	18,09
Крапива жгучая (<i>Urtica urens</i>)	4,08	3,85	0,00	0,00	0,00	2,39
Мальва приземистая (<i>Malva pusilla</i>)	15,83	49,95	38,76	49,24	15,89	34,54
Мятлик луговой (<i>Poa pratensis</i>)	21,22	16,45	15,00	8,60	0,00	16,45
Пастушья сумка обыкновенная (<i>Capsella bursa-pastoris</i>)	1,08	2,80	0,20	0,00	0,00	1,17
Ромашка пахучая (<i>Matricaria discoidea</i>)	0,90	2,28	0,10	0,00	0,00	0,86
Сухие листья, мусор, %	17,78	0,57	20,12	9,03	27,37	14,00
Мох, %	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Проплешины, %	53,20	32,38	16,90	10,08	27,32	31,10

Процент проплешин в среднем занимает треть исследуемого профиля и составляет 31,1%, при этом в динамике по месяцам за летний период можно увидеть, что половина исследуемого участка была с проплешинами и вытоптана, но к сентябрю сократилась до 10,08%. Наиболее устойчивыми к рекреационной нагрузке оказались следующие виды: мальва приземистая (*M. pusilla*), горец птичий (*P. aviculare*). Мальва приземистая (*M. pusilla*) занимает наибольшее проективное покрытие в течение всего сезона: май – 15,83%, июнь, август – 49,95 и 49,24% соответственно. Для вида горец птичий (*P. aviculare*) отмечено проективное покрытие в сред-

нем 18,09% на профиле, и видна динамика увеличения процента проективного покрытия за период исследования (май – 0,88%, август – 36,66%).

Виды крапива жгучая (*U. urens*), пастушья сумка обыкновенная (*C. bursa-pastoris*), ромашка пахучая (*M. discoidea*) продемонстрировали снижение процента проективного покрытия, и в августе–сентябре эти растения на исследуемом профиле уже не наблюдались.

Важно отметить, что проективное покрытие мятлика лугового (*P. pratensis*) в мае составляет 21,22%, но постепенно, видимо, из-за постоянной рекреационной нагрузки на исследуемый участок, оно снижалось всё лето и к августу составило 8,6%.

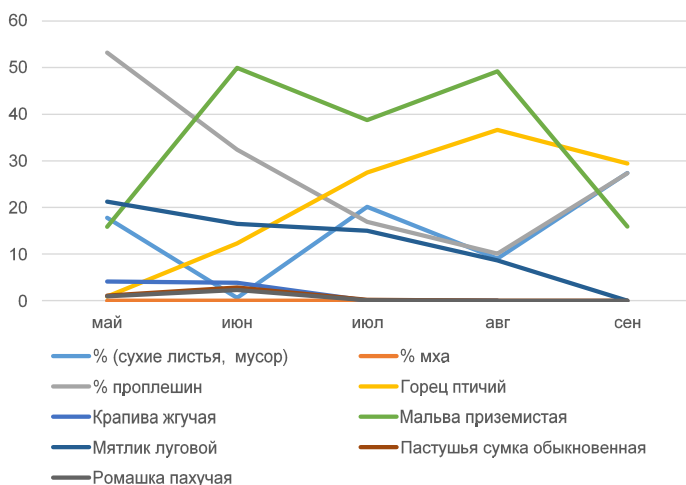


Рис. 3. Проективное покрытие на профиле 1, %

Fig. 3. Projective cover on profile 1

Профиль 2 (освещено, слабая нагрузка)

Исследуемый профиль газона 2 на освещенном участке не подвержен или слабо подвержен рекреационной нагрузке, отражает противоположную ситуацию профилю 1. Мятлик луговой (*P. pratensis*) занимает наибольший процент проективного покрытия в течение всего периода наблюдения и составляет в среднем 56,73%, в июне процент составлял 69,35%. Проективное покрытие *T. repens* увеличивается к августу и составляет 4,2%.

В составе ассортимента на газонах присутствуют сорные виды растений, но с низким процентом проективного покрытия (до 10%). *P. maxima* – 7,21%, *M. discoidea* – 3,16%, *P. anserina* – 4,0%, *S. media* – 1,86%, *T. officinale* – 1,05% (табл. 3, рис. 4).

Таблица 3

Проективное покрытие на профиле 2

Projective cover on profile 2

Наименование вида	Май	Июнь	Июль	Август	Среднее
Профиль 2 (освещенный, не вытопанный), %					
Звездчатка средняя (<i>Stellaria media</i>)	0,00	6,25	0,20	–	1,86
Клевер ползучий (<i>Trifolium repens</i>)	0,00	2,75	2,00	4,20	1,65
Лапчатка гусиная (<i>Potentilla anserina</i>)	2,07	6,06	3,75	6,50	4,00
Мятлик луговой (<i>Poa pratensis</i>)	47,00	69,35	54,86	64,30	56,73
Одуванчик лекарственный (<i>Taraxacum officinale</i>)	0,86	2,17	0,53	0,00	1,05
Подорожник наибольший (<i>Plantago maxima</i>)	2,82	10,28	8,71	9,33	7,21
Ромашка пахучая (<i>Matricaria discoidea</i>)	0,44	5,09	4,37	2,93	3,16
Сухие листья, мусор, %	40,76	8,31	28,54	19,75	26,63
Мох, %	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
Проплешины, %	8,05	4,43	2,78	0,58	4,84

Профиль 3 (затенено, высокая нагрузка)

По полученным данным профиль 3 (табл. 4), находящийся в условиях затенения, имеет высокий процент наличия сухих листьев и мусора (30,4%). Проективное покрытие проплешин снизилось за сезон. В мае проплешины занимали 22,84% проективного покрытия профиля, в августе составили 3,83% (рис. 5). Видовой состав на данном профиле представлен наименьшим количеством видов относительно других профилей. На профиле представлены следующие таксоны: *P. pratensis* – 41,6%, *M. Discoidea* – 20,0%, *P. maxima* – 1,53%, *T. officinale* – 1,25%.

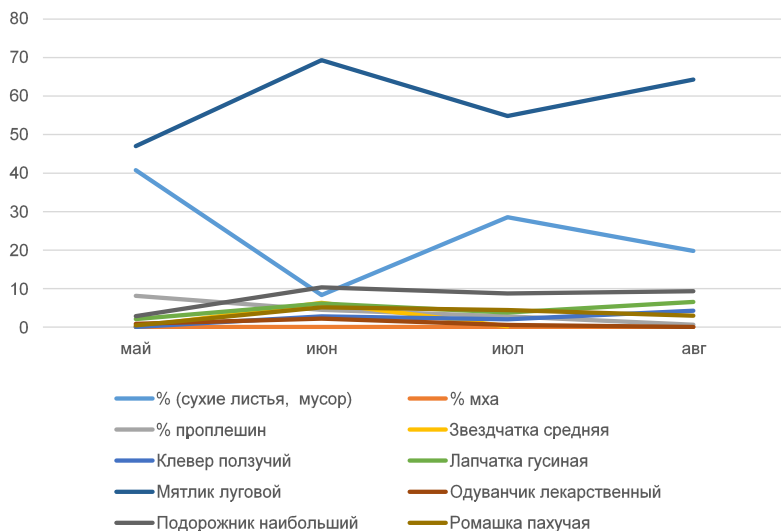


Рис. 4. Проективное покрытие видов на профиле 2

Fig.4. Projective cover on profile 2

Таблица 4

Проективное покрытие на профиле 3

Projective cover on profile 3

Наименование вида	Май	Июнь	Июль	Август	Среднее
Профиль 3 (затененный, вытопанный), %					
Мятлик луговой (<i>Poa pratensis</i>)	40,29	46,97	33,01	54,70	41,06
Одуванчик лекарственный (<i>Taraxacum officinale</i>)	1,50	3,13	0,00	0,00	1,25
Подорожник наибольший (<i>Plantago maxima</i>)	0,50	4,88	0,00	1,25	1,53
Ромашка пахучая (<i>Matricaria discoidea</i>)	12,97	35,19	19,44	4,77	20,00
Сухие листья, мусор, %	28,18	13,76	43,10	39,80	30,40
Мох, %	0,20	0,31	0,05	0,00	0,14
Проплешины, %	22,84	7,68	7,80	3,83	12,24

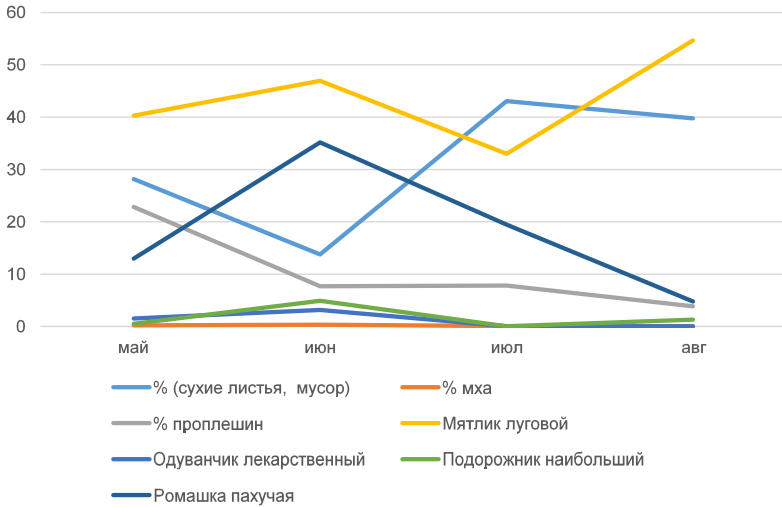


Рис. 5. Проективное покрытие видов на профиле 3

Fig. 5. Projective cover on profile 3

Профиль 4 (затенено, низкая нагрузка)

Проективное покрытие растений на газонах профиля 4 (табл. 5) показывает, что в условиях затенения, но при отсутствии высокой рекреационной нагрузки произрастает 12 видов травянистых растений. Проективное покрытие сухих листьев и мусора минимально, от 0,11% в весенний период с постепенным увеличением до 18,39% в июле, в августе – до 9,25%. Необходимо отметить, что лишь на профиле 4 присутствует мох – 0,01%. Процент мха минимален, наблюдается в весенний период, но позже его доля практически стремится к нулю.

С июня наблюдается увеличение процента проективного покрытия таких видов, как *P. pratensis* – 20,54%, *P. anserine* – 11,24%, *D. glomerata* – 7,42%. Проективное покрытие следующих видов не превышает 10%: *C. arvense* – 2,2%, *P. aviculare* – 0,27%, *S. media* – 0,05%, *T. repens* – 2,91%, *T. officinale* – 3,03%, *C. bursa-pastoris* – 0,77%, *M. discoidea* – 0,53%, *C. fontanum* – 0,03% (рис. 6).

С июля наблюдается увеличение проективного покрытия у видов: *Cirsium arvense*, *Dactylis glomerata*, *Trifolium repens*, *Potentilla anserine*, *Plantago maxima*.

Таблица 5

Проективное покрытие на профиле 4

Projective cover on profile 4

Наименование вида	Май	Июнь	Июль	Август	Среднее
Профиль 4 (затененный, не вытоптанный), %					
Бодяк полевой (<i>Cirsium arvense</i>)	0,00	0,01	4,60	10,00	2,20
Горец птичий (<i>Polygonum aviculare</i>)	0,01	0,00	0,00	4,00	0,27
Ежа сборная (<i>Dactylis glomerata</i>)	0,13	0,18	17,00	25,00	7,42
Звездчатка средняя (<i>Stellaria media</i>)	0,02	0,06	0,08	0,00	0,05
Клевер ползучий (<i>Trifolium repens</i>)	0,01	0,07	6,67	10,00	2,91
Лапчатка гусиная (<i>Potentilla anserine</i>)	0,05	0,18	25,64	39,36	11,24
Мятлик луговой (<i>Poa pratensis</i>)	0,70	0,67	50,13	51,35	20,54
Одуванчик лекарственный (<i>Taraxacum officinale</i>)	0,11	0,10	7,95	4,79	3,03
Пастушья сумка обыкновенная (<i>Capsella bursa-pastoris</i>)	0,00	0,04	2,29	0,00	0,77
Подорожник наибольший (<i>Plantago maxima</i>)	0,01	0,03	4,55	5,64	1,90
Ромашка пахучая (<i>Matricaria discoidea</i>)	0,00	0,00	1,23	1,83	0,53
Ясколка обыкновенная (<i>Cerastium fontanum</i>)	0,00	0,00	0,10	0,00	0,03
Сухие листья, мусор, %	0,11	0,00	18,39	9,25	6,78
Мох, %	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
Проплешины, %	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01

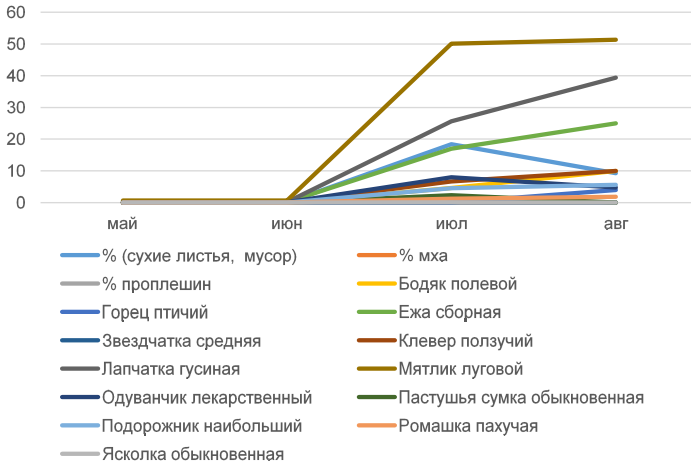


Рис. 6. Проективное покрытие видов на профиле 4

Fig. 6. Projective cover on profile 4

Выводы

1. Данное исследование наглядно показывает, что в пределах сравнительно небольшого объекта характеристики газона значительно различаются, флористический состав является чутким индикатором освещённости места и его рекреационной нагрузки, газон неоднороден по состоянию и характеру развития.

2. Участки газона, находящиеся в разных условиях, неодинаково реагируют на кошение. Нет оснований утверждать, что кошение всегда снижает флористический состав газонов и проективное покрытие видов, в ряде случаев наблюдается обратный эффект.

3. Участие злаков в формировании дернины существенно, но не всегда они преобладают. Газон представлен мозаикой с преобладанием различных видов, что в целом соответствует лугам естественного происхождения.

4. Особенно подвержен изменениям газон на хорошо освещённых участках с высокой нагрузкой, именно в таких условиях особенно сильно сокращается флористический состав.

5. Дальнейшими исследованиями предстоит определить, насколько выявленная неоднородность газона может быть учтена при проведении мероприятий по уходу, а именно: когда экономически и технологически целесообразно её учитывать.

Библиографический список

Алексеев А.С., Никифоров А.А., Михайлова А.А., Вагизов М.Р. Метод определения запаса насаждений на основе правила 3/2 и снимкам сверх высокого разрешения с беспилотного летательного аппарата // Леса России: политика, промышленность, наука, образование: матер научно-техн. конф., Санкт-Петербург, 13–15 апреля 2016 г. / под. ред. В.М. Гедьо. СПб.: СПбГЛТУ, 2016. С. 17–20.

Берлянд М.Е., Кондратьев К.Я. Города и климат планеты. Л.: Гидрометеоздат, 1972. 40 с.

Булгакова А.Г., Вагизов М.Р., Елисеев Д.И., Борисов Р.Б. Опыт применения беспилотного летательного аппарата DJI Air 2S для формирования данных геоинформационного моделирования // Информационные технологии и системы: управление, экономика, транспорт, право. 2022. № 2(42). С. 72–77.

Волкова Л.Б., Соболев Н.А. Разнотравный газон в современной концепции озеленения городов (на примере Москвы) // Вестник МГУЛ –Лесной вестник. 2015. С. 145–152.

Головач А.Г. Газоны, их устройство и содержание. М.; Л.: Изд. АН СССР, 1955. 338 с.

Горышина Т.К. Растения в городе. Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1991. 152 с.

Двадцатова Т.В., Мельничук И.А. Современное состояние газонов в историческом центре Санкт-Петербурга (на примере Марсова поля) // Новое направление в ландшафтной архитектуре (дизайн, планирование и управление): сб. тр. Междунар. конф.. 7–8 июля 2017 г. Санкт-Петербург, Россия. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2017. С. 81–82

Добровольский Г.В. Почва, город, экология. М., 1997. 310 с.

Ермаченко Н.В., Евдокимов А.О. Беспилотные летательные аппараты вертикального взлёта и безопасность // Методы науки. 2017. № 3(4). С. 90–91.

Кавеленова Л.М., Кведер Л.В. Методы контроля за состоянием окружающей среды. Самара, 2006. 100 с.

Методики оценки экологического состояния зеленых насаждений Санкт-Петербурга. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573573186?marker=65201M> (дата обращения: 01.09.2022).

Об утверждении адресных программ территории зеленых насаждений общего пользования на 2022 год : Распоряжение № 84-р от 01.04.2022 г. URL: <https://www.gov.spb.ru> (дата обращения: 01.09.2022).

Раджабов Р.А. Разработка эффективных приемов возделывания декоративных дерновых покрытий: автореф. дис. .. канд. с.-х. наук. М., 2009. 16 с.

Фролов А.К. Окружающая среда крупного города и жизнь растений в нем: моногр. СПб.: Наука, 1998. 328 с.

Цымбал Г.С., Трубачева Т.А., Двадцатова Т.В. К анализу ассортимента газонных сообществ в объектах насаждений Санкт-Петербурга // XII Чтения памяти

ти Т.Б. Дубяго: сб. тр. Междунар. конф. / под ред. А.С. Крюковского, Г.С. Цымбал. СПб.: СПбГЛТУ, 2021. С. 150–155.

Чепурина Т.В. Газон как элемент ландшафта: история, развитие, поиски альтернативных газонов в Санкт-Петербурге // Проблемы развития ландшафтного образования в России. К 80-летию кафедры садово-паркового и ландшафтного строительства / отв. ред. И.А. Мельничук. СПб.: Изд.-во Политехн. ун-та, 2013. С. 324–325.

Ignatieva M., Haase D., Dushkova D., Haase A. Lawns in Cities: From a Globalised Urban Green SPACE phenomenon to Sustainable NatureBased Solutions // Land. 2020. No. 9(3). P. 1–27. DOI: 10.3390/land9030073

References

Alexeev A.S., Nikiforov A.A., Mikhailova A.A., Vagizov M.R. Method of determining the stock of stands based on the 3/2 rule and ultra high resolution images from an unmanned aerial vehicle. *Forests of Russia: policy, industry, science, education: materials of scientific and technical conference*, Saint-Petersburg, 13–15 April 2016 / ed. by V.M. Gedio. St. Petersburg: SPbGLTU, 2016. С. 17–20.

Berlyand M.E., Kondratyev K.Ya. Cities and the climate of the planet. L.: Gidrometeoizdat, 1972. 40 с.

Bulgakova A.G., Vagizov M.R., Eliseev D.I., Borisov R.B. Experience of using unmanned aerial vehicle DJI Air 2S to form geoinformation modeling data. *Information technologies and systems: management, economy, transport, law*, 2022, no. 2(42), pp. 72–77. (In Russ.)

Чепурина Т.В. Lawn as an element of landscape: history, development, search for alternative lawns in St. Petersburg. *Problems of Landscape Education in Russia. To the 80th anniversary of the department of landscape and garden construction* / ed. by I.A. Melnichuk. St. Petersburg: Polytechnical University Press, 2013. С. 324–325. (In Russ.)

Dobrovolsky G.V. Soil, City, Ecology. M.: Publishing house of Fund of Economic Literacy, 1997. 310 p. (In Russ.)

Dvadsatova T.V., Melnichuk I.A. Modern state of lawns in the historical center of St. Petersburg (on the example of Mars field). *New direction in landscape architecture (design, planning and management): Proceedings of the International Conference*. July 7–8, 2017. St. Petersburg, Russia. St. Petersburg: Publishing house of Polytechnic University, 2017, pp. 81–82. (In Russ.)

Ermachenko N.V., Evdokimov A.O. Vertical takeoff drones and safety. *Methods of Science*, 2017, no. 3(4), pp. 90–91. (In Russ.)

Frolov A.K. Environment of a large city and plant life in it: monograph. SPb.: Nauka, 1998. 328 p. (In Russ.)

Golovach A.G. Lawns, their arrangement and maintenance. M.; L.: Publishing House of the Academy of Sciences of the USSR, 1955. 338 p. (In Russ.)

Goryshina T.K. Plants in the city. Leningrad: Leningrad University Press, 1991. 152 p. (In Russ.)

Ignatieva M., Haase D., Dushkova D., Haase A. Lawns in Cities: From a Globalised Urban Green SPACE phenomenon to Sustainable Nature-Based Solutions. *Land*, 2020, no. 9(3), pp. 1–27. DOI:10.3390/land9030073

Kavelenova L.M., Kweder L.V. Methods of controlling the state of the environment. Samara: Izd. of Samara University, 2006. 100 p. (In Russ.)

Methods of evaluation of ecological state of green spaces of Saint-Petersburg. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573573186?marker=6520IM> (accession September 01, 2022). (In Russ.)

Order № 84-r of 01.04.2022 «About approval of address programs of territory of green plantings of general use for 2022». URL: <https://www.gov.spb.ru> (accession September 01, 2022). (In Russ.)

Rajabov R.A. Development of effective methods of cultivation of ornamental turf: specialty 06.01.07 «Horticulture, viticulture», abstract of the thesis for the degree of candidate of agricultural sciences / Rajabov Ruslan Agamagovedovich. M., 2009. 16 p. (In Russ.)

Tsymbal G.S., Trubacheva T.A., Dvadsatova T.V. To the analysis of the assortment of lawn communities in the objects of plantations of Saint-Petersburg/ XII Readings in memory of T.B. Dubyago: collection of works of the international conference / ed. by A.S. Kryukovsky, G.S. Tsymbal. St. Petersburg: SPbGLTU, 2021, pp. 150–155. (In Russ.)

Volkova L.B., Sobolev N.A. Grass lawns in the modern concept of landscaping cities (by the example of Moscow). *Bulletin of MSULE – Forest Bulletin*, 2015, pp. 145–152. (In Russ.)

Материал поступил в редакцию 28.10.2022

Бубнова А.Б., Вагизов М.Р., Двадцатова Т.В., Крюковский А.С., Мельничук И.А. Применение беспилотных летательных аппаратов и наземных методов исследований для изучения изменения видового состава газонов в различных экологических условиях при воздействии рекреационной нагрузки (на примере Обуховского сквера, Санкт-Петербург) // *Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2022. Вып. 240. С. 64–83. DOI: 10.21266/2079-4304.2022.240.64-83*

Исследование газонов в Санкт-Петербурге в рамках проекта Российского научного фонда «Газон как индикатор состояния устойчивой городской среды и адаптации к изменениям климата» началось в марте 2022 г. Проект предусматривает использование междисциплинарного подхода и инновационных технологий, включая ГИС и дистанционное зондирование.

Необходимо изучить роль газонов в организации городского пространства, экологические функции, а также видовой состав, используемый на городских объектах садово-паркового и ландшафтного строительства Петербурга. Целью исследования является изучение видового состава газонов на постоянных пробных площадях в Обуховском сквере Адмиралтейского района и выявление изменения проективного покрытия в зависимости от экологических условий. В ходе исследования учитывались следующие показатели: проективное покрытие видов на профилях газона, высота растений в течение сезона, фенологическая фаза. По результатам исследования проведён сбор информации средствами беспилотного летательного аппарата (БЛА) типа квадрокоптер компании DJI Air 2s. Объём собранных данных на конец сентября по 10 объектам составил более 10 Гб. Рекомендуются разработка автоматической разметки снимков газона искусственным интеллектом для проведения анализа состояния газона. Данные исследования наглядно показывают, что в пределах сравнительно небольшого объекта характеристики газона значительно различаются, флористический состав является чутким индикатором освещённости места и его рекреационной нагрузки. Газон неоднороден по состоянию и характеру развития и неодинаково реагирует на кошение. Дальнейшими исследованиями предстоит определить, насколько выявленная неоднородность газона может быть учтена при проведении мероприятий по уходу, а именно, когда экономически и технологически целесообразно её учитывать.

Ключевые слова: газон, проективное покрытие, рекреационная нагрузка, город, ландшафтная архитектура, сквер.

Bubnova A.B., Vagizov M.R., Dvadsatova T.V., Kryukovsky A.S., Melnichuk I.A. Application of unmanned aerial vehicles and ground-based research methods to study changes in the species composition of lawns in different ecological conditions under the influence of recreational load (by the example of Obukhovsky square, St. Petersburg). *Izvestia Sankt-Peterburgskoj Lesotekhnicheskoy Akademii*, 2022, iss. 240, pp. 64–83 (in Russian with English summary). DOI: 10.21266/2079-4304.2022.240.64-83

The study of lawns in St. Petersburg within the framework of the project of the Russian Science Foundation "Lawn as an indicator of the state of a sustainable urban environment and adaptation to climate change" began in March 2022. The project involves the use of an interdisciplinary approach and innovative technologies, including GIS and remote sensing. It is necessary to study the role of lawns in the organization of urban space, ecological functions, as well as the species composition used in urban objects of landscape and landscape construction of St. Petersburg. The aim of the presented research is to study the species composition of lawns on test areas in the Obukhov Square of the Admiralteysky district and to identify changes in the projective coverage depending on environmental conditions. During the study, the following indicators were taken into account: the projective coverage of species

on lawn profiles, the height of plants during the season, the phenological phase. According to the results of the study, information was collected by unmanned aerial vehicle (UAV) of the quadcopter type, the DJI Air 2s company. The volume of data collected at the end of September for 10 objects amounted to more than 10 GB. It is recommended to develop automatic marking of lawn images by artificial intelligence to analyze the condition of the lawn. These studies clearly show that within a relatively small object, the characteristics of the lawn vary significantly, the floral composition is a sensitive indicator of the intensity of sunlight of the place and its recreational load. The lawn is heterogeneous in its current state, the way it grows up and reaction to mowing. Further research will determine to what extent the identified heterogeneity of the lawn can be taken into account when it comes to management, namely, when it is economically and technologically appropriate to take it into account.

Keywords: lawn, projective cover, recreational load, city, landscape architecture, square.

БУБНОВА Анна Борисовна – старший преподаватель кафедры ландшафтной архитектуры Санкт-Петербургского лесотехнического университета. ORCID: 0000-0003-0451-5485. SPIN-код: 6489-3890.

194021, Институтский пер., дом 5, литера У, Санкт-Петербург, Россия.

BUBNOVA Anna B. – senior lecturer at the Department of Landscape Architecture of St. Petersburg Forestry University. ORCID: 0000-0003-0451-5485. SPIN-code: 6489-3890.

194021, Institutsky Lane, house 5, letter U, St. Petersburg, Russia.

ВАГИЗОВ Марсель Равильевич – заведующий кафедрой информационных систем и технологий Санкт-Петербургского лесотехнического университета. Кандидат технических наук. ORCID: 0000-0003-4848-1619. SPIN-код: 4811-8943.

194021, Институтский пер., дом 5, литера У, Санкт-Петербург, Россия.

VAGIZOV Marsel R. – PhD (Technical), head of the Department of Information Systems and Technologies of St. Petersburg Forestry University. ORCID: 0000-0001-6621-6080. PIN code: 4811-8943.

194021, Institutsky lane, house 5, letter U, St. Petersburg, Russia.

ДВАДЦАТОВА Татьяна Владимировна – старший преподаватель кафедры ландшафтной архитектуры Санкт-Петербургского лесотехнического университета. ORCID: 0000-0001-6621-6080. SPIN-код: 4328-6337.

194021, Институтский пер., д. 5, литера У, Санкт-Петербург, Россия.

DVADTSATOVA Tatiana V. – senior lecturer at the Department of Landscape Architecture of St. Petersburg Forestry University. ORCID: 0000-0001-6621-6080. SPIN-code: 4328-6337.

194021, Institutsky Lane, house 5, letter U, St. Petersburg, Russia.

КРЮКОВСКИЙ Александр Сергеевич – доцент кафедры ландшафтной архитектуры Санкт-Петербургского лесотехнического университета. Кандидат сельскохозяйственных наук. ORCID: 0000-0002-6921-2533. SPIN-код: 7841-9196.

194021, Институтский пер., дом 5, литера У, Санкт-Петербург, Россия.

KRYUKOVSKY Alexander S. – PhD (Agriculture), Department of Landscape Architecture of St. Petersburg Forestry University. ORCID: 0000-0002-6921-2533. SPIN-код: 7841-9196.

194021, Institutsky Lane, house 5, letter U, St. Petersburg, Russia.

МЕЛЬНИЧУК Ирина Альбертовна – доцент кафедры ландшафтной архитектуры Санкт-Петербургского лесотехнического университета. Кандидат сельскохозяйственных наук, доцент. ORCID: 0000-0001-7772-8874. SPIN-код: 7478-0151.

194021, Институтский пер., дом 5, литера У, Санкт-Петербург, Россия.

MELNICHUK Irina A. – PhD (Agriculture), docent, department of Landscape Architecture of St. Petersburg Forestry University. ORCID: 0000-0001-7772-8874. SPIN-код: 7478-0151.

194021, Institutsky Lane, house 5, letter U, St. Petersburg, Russia.