

**Региональная конференция по научно-техническому
творчеству школьников «Лабиринты науки»**

Государственное общеобразовательное учреждение Ярославской области
«Лицей № 86»

**ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ
БУТУСОВСКОГО ПАРКА – ПАМЯТНИКА ПРИРОДЫ**

Г. ЯРОСЛАВЛЯ

Секция: Экология

Руководитель:

учитель химии, биологии и экологии

ГОУ ЯО «Лицея 86»

Лариса Вячеславовна Волкова

Работу выполнила:

ученица 11 «Ф» класса

ГОУ ЯО «Лицея 86»

Виктория Сергеевна Вавилова

Ярославль

2024

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
Глава 2. Материалы и методы исследования	4
Глава 3. Результаты исследования и их обсуждение	5
3.1 Биоразнообразие Бутусовского парка.....	5
3.2 Биотестирование, проведенное в 2023-2024 гг.....	6
3.3 Биоиндикация листьев клена остролистного и липы сердцевидной 2023- 2024 гг.....	8
Заключение	9
Список литературы.....	9
Приложения.....	11

Введение

Экологическая безопасность населения г. Ярославля заставляет всё активнее вести поиски методов оздоровления городской среды. Благоприятная для людей и природы здоровая окружающая среда обеспечивает физический и психологический комфорт жителей, гармоничное и устойчивое социальное и экономическое развитие города [10]. В решении этой проблемы большое значение имеют зеленые насаждения, которые поставляют кислород, очищают воздух от газов, пыли, бактерий, выполняют ветрозащитные и saniрующие функции, влияют на эмоциональное состояние человека [11].

Бутусовский парк имеет статус особо охраняемой природной территории регионального значения, поэтому возрастает важность экологического мониторинга этого рекреационного объекта г. Ярославля [6]. Работ по исследованию его экологического состояния за последние десятилетия очень мало.

Новизна работы заключается в системности мониторинга важного для экологической безопасности города Ярославля Бутусовского парка – памятника природы регионального значения.

Значение результатов проекта для практики природопользования и охраны окружающей среды: исследования, проведенные в Бутусовском парке в разные сезоны года и в течение нескольких лет, необходимы Министерству лесного хозяйства и природопользования Ярославской области для мониторинга ООПТ регионального значения. Важность их связана также с ограниченностью средств, выделяемых министерству на подобные работы. Результаты данной работы могут быть использованы для принятия соответствующими службами городского хозяйства хозяйственных решений.

Цель работы: оценить экологическое состояние Бутусовского парка – памятника природы г. Ярославля.

Задачи:

1. Изучить фиторазнообразие как основу устойчивости экосистемы парка.
2. Определить патологии растений памятника природы и вызывающие их причины.

3. Оценить экологическое состояние почвы Бутусовского парка методом биотестирования с использованием кресс-салата.
4. Оценить экологическое состояние древесной растительности Бутусовского парка по флуктуирующей асимметрии листьев и в ходе визуального осмотра.
5. Дать оценку экологического состояния Бутусовского парка.

Объект исследования: Бутусовский парк – памятник природы г. Ярославля.

Предмет исследования: экологическое состояние Бутусовского парка.

Гипотеза исследования: Экологическое состояние памятника природы «Бутусовский парк» можно охарактеризовать как удовлетворительное.

В работе использовались **методы исследования:**

- анализ (для изучения полученных материалов полевого обследования, источников литературы и документов по тематике исследований);
- маршрутный метод (для составления флористических описаний);
- фотофиксация (для визуализации результатов натурных исследований);
- обобщение (для определения экологического состояния ООПТ);
- наблюдение (для визуальной оценки состояния растительного покрова);
- описание (для изложения результатов обследования территории, установления патологий растительного компонента);
- биотестирование качества почвы с использованием кресс-салата;
- биоиндикация с использованием флуктуирующей асимметрии древесных форм растений как тест-система оценка качества среды.

Глава 2. Материалы и методы исследования

Объект исследования – Бутусовский парк. В настоящее время он является памятником природы (тип ландшафтный) – ООПТ.

Методы исследования: 1. Изучение фиторазнообразия осуществлялось маршрутным методом. После сбора фитоматериала и фотосъёмки растений и био- и механических повреждений вели определение растений и фитопатологий с использованием определителей [12, 14].

2. Метод биотестирования качества почвы Бутусовского парка. Тест–объект – Кресс-салат. Пробы почвы отбирали по стандартной методике [1]. Одновременно определяли энергию прорастания [16].

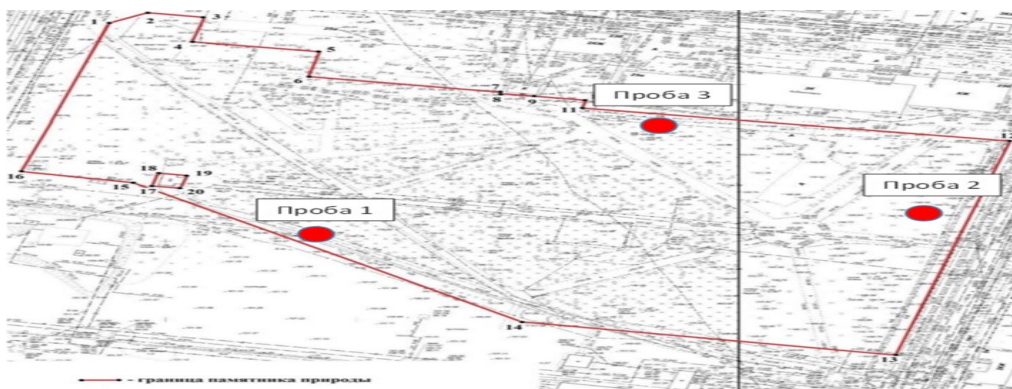


Рисунок 1 – схема Бутусовского парка. Примечание: красными кружками отмечены места отбора проб почвы.

Биотестирование качества почвы парка с использованием кресс-салата проводили в 3х-кратной повторности [1]. Контроль – отстоянная в течение пяти суток водопроводная вода. В чашки Петри помещали на фильтровальную бумагу по 10 семян, бумагу смачивали водой в контроле – водопроводной, в опыте – водными вытяжками из проб почвы.

3. Оценка влияния качества среды обитания на организмы по флуктуирующей асимметрии проводилась в соответствии с методикой [2, 3, 5, приложением 3]. Измеряемые показатели в ходе исследований: видовое разнообразие древесно-кустарниковых и травянистых растений, фитопатологии, асимметрия листьев клена остролистного и липы сердцевидной, длина корней и стеблей у проростков кресс-салата.

Глава 3. Результаты исследования и их обсуждение

3.1 Биоразнообразие Бутусовского парка

Видовой состав растений по жизненным формам представлен в приложении 1. Натурные исследования в 2023 году показали, что не все плохие особи прошли выбраковку после инвентаризации, проведенной в 2021 году Горзеленхозом. В последнее годы произведена посадка новых для Бутусовского парка видов деревьев без ведома Горзеленхоза.

3.2 Биотестирование, проведенное в 2023-2024 гг.

Перед началом биотестирования в 2023 и 2024 гг провели определение всхожести и энергии прорастания семян тест-объекта. В обоих опытах после проращивания 100 штук семян (абсолютный вес 0,173 г и 0,168 г, соответственно) в течение семи дней выявлено, что энергия их прорастания высокая.

Изменения длины корня и стебля проростков кресс-салата при биотестировании в течение 10-ти суток осень 2023-2024 гг представлены в приложении 2.

Биотестирование подразумевает сравнение результатов, полученных в контроле и опыте. Поэтому проанализируем данные, рассчитанные в процентах от контроля (табл. 1, 2, 3, 4, рис. 2, 3, 4, 5).

Таблица 1 - Длина корней проростков кресс-салата в водной вытяжке проб почвы, отобранной в 2023 г, по отношению к контролю, %

№ пробы	сутки									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Проба 1	63,41	82,23	87,39	85,52	86,59	81,82	80,41	77,93	77,69	77,69
Проба 2	102,43	105,26	82,88	73,36	76,81	74,88	73,41	73,46	78,46	78,46
Проба 3	95,12	107,89	84,68	73,94	81,52	80,33	81,69	81,64	82	82

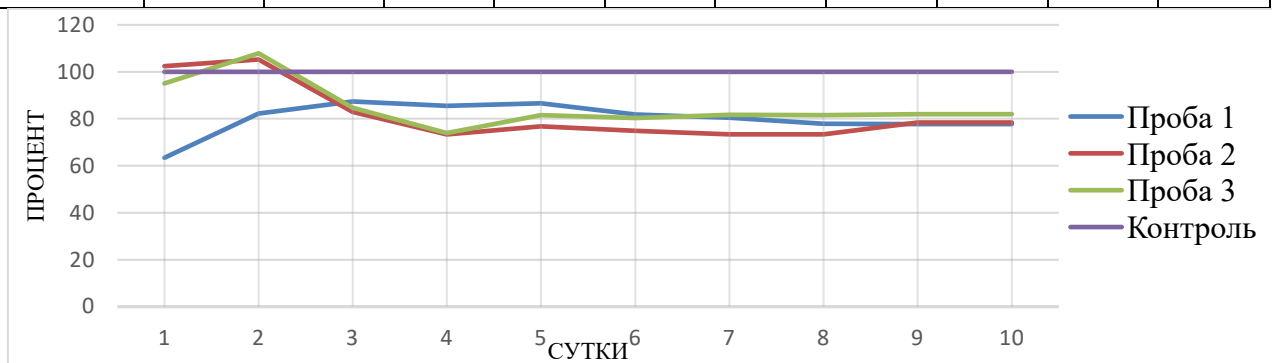


Рисунок 2 - Длина корней проростков кресс-салата в водной вытяжке проб почвы, отобранной в 2023 г, по отношению к контролю, %

К 10-м суткам показатели длины корней в опыте приближаются к контролю.

Таблица 2 - Длина стеблей проростков кресс-салата в водной вытяжке проб почвы, отобранной в 2023 г, по отношению к контролю, %

№ пробы	сутки									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Проба 1	90	114,93	104,68	95,59	96,08	88,43	86,53	85,62	84,88	84,88
Проба 2	90	94,03	100,58	78,53	82,77	80,32	80,35	81,7	80,99	80,99
Проба 3	100	107,46	102,34	82,35	90,34	89,81	92,05	94,55	95,03	95,03

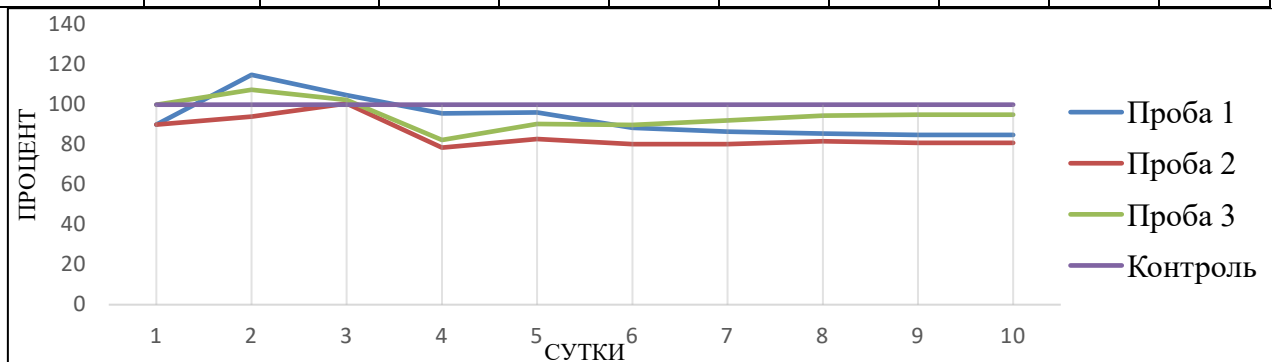


Рисунок 3 - Длина стеблей проростков кресс-салата в водной вытяжке проб почвы, отобранной в 2023 г, по отношению к контролю, %

Таблица 3 - Длина корней проростков кресс-салата в водной вытяжке проб почвы, отобранной в 2024 г, по отношению к контролю, %

№ пробы	сутки									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Проба 1	84,44	83,33	89,02	68,46	62,17	68,91	68,64	75,66	77,21	77,21
Проба 2	100	94,44	77,15	72,61	73,71	75,63	74,1	78,0	82,17	82,17
Проба 3	88,89	86,11	86,05	79,88	76,38	78,99	79,56	85,8	88,37	88,37

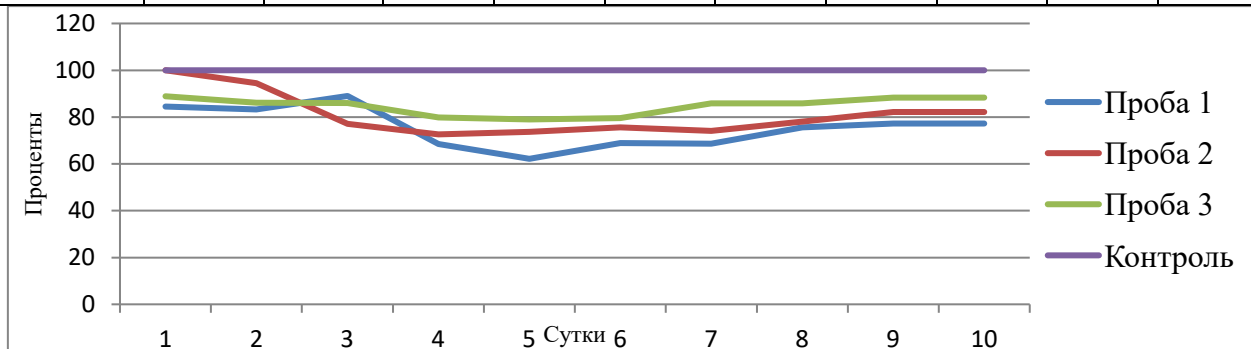


Рисунок 4 - Длина корней проростков кресс-салата в водной вытяжке проб почвы, отобранной в 2024 г, по отношению к контролю, %

Таблица 4 - Длина стеблей проростков кресс-салата в водной вытяжке проб почвы, отобранной в 2024 г, по отношению к контролю, %

№ пробы	сутки									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Проба 1	90	100	68,42	63,33	67,5	72,29	83,33	85,06	85,42	85,42

Проба 2	100	100	100	95,33	80,25	84,34	85,24	82,76	86,56	86,56
Проба 3	100	112	89,02	83,67	88,75	90,36	97,62	96,55	97,95	97,95

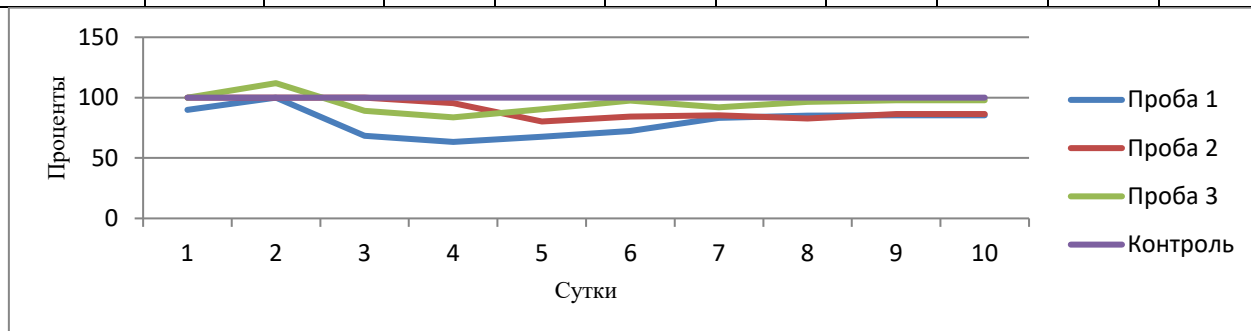


Рисунок 5 - Длина стеблей проростков кресс-салата в водной вытяжке проб почвы, отобранной в 2024 г, по отношению к контролю, %

В эксперименте не зафиксирован токсический эффект торможения роста корней на 50 %. Исходя из этого, ни один образец пробы почвы, отобранной в 2023-2024 г, не оказал токсического эффекта на кресс-салат.

3.3 Биоиндикация листьев клена остролистного и липы сердцевидной 2023-2024 гг

Для интегральной оценки качества среды обитания растений в Бутусовском парке использовали флуктуирующую асимметрию листьев липы и клена. Для балльной оценки качества среды обитания использовали коэффициент асимметрии (δ^2_d), предложенной В. М. Захаровым. Качественные признаки рассчитаны по проценту асимметричных листьев (M_A).

Проанализированы данные измерений, полученные в 2023 г, по клёну остролистному и липе сердцевидной. Результаты измерений и их статистическая обработка в приложении 3. Из них видно, что для липы коэффициент флуктуирующей асимметрии δ^2_d лежит в интервале 0,0019–0,0079 (среднее значение 0,0046), что соответствует характеристике 2 – «норма», для клена остролистного равен δ^2_d – 0,0023, что тоже соответствует норме. Эти данные согласуются с данными других авторов, полученных ранее [5].

Проанализированы данные измерений, полученные в 2024 г, по клёну остролистному и липе сердцевидной (приложение 3). Из них видно, что для липы δ^2_d лежит в интервале 0,0012-0,0037, что соответствует характеристике

1. Средние показатели листьев клена остролистного $\delta^2_d - 0,0022$, что соответствует норме.

Заключение

Перспективы проекта: вступление в более крупные проекты исследований и государственные программы, направленные на улучшение экологического состояния парков; уменьшение значения погрешности (приобретение более качественное оборудование); привлечение инвестиций.

Показатели эффективности и SWOT-анализ представлены в приложениях 4 и 5, соответственно.

На основании проведенных исследований сделаны **выводы**: в парке выявлено 78 видов растений: 22 вида деревьев, 11 кустарников и 44 травянистых растений. Анализ почвы (2023-2024 гг.) показал отсутствие токсического воздействия на проростки кресс-салата. Коэффициенты флуктуирующей асимметрии находятся в пределах нормы. В целом экологическое состояние парка удовлетворительное.

Список литературы

1. Ашихмина, Т. Я. Экология родного края [Текст] / Т. Я. Ашихмина. – Киров: Вятка, 1996. – 720 с.
2. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование [Текст]: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / О. П. Мелехова, Е. И. Сарапульцева, Т. И. Евсеева И. и др.; под ред. О. П. Мелеховой и Е. И. Сарапульцевой. – М. : Академия, 2007. – С. 74-80.
3. Борисова, М. А., Казанова, Н. К. Лесопарковый зелёный пояс г. Ярославля и его фиторазнообразие // Естествознание: исследование и обучение: материалы конференции «Чтения Ушинского». – Ярославль: РИО ЯГПУ, 2022. – С. 19-28.
4. Груздева Л.П. Биоиндикация качества природных вод // Биология в школе. 2002, № 6, С. 10

5. Иванова Н.Л., Иванова Д.А. Экологический мониторинг Бутусовского парка с помощью флуктуирующей асимметрии листьев // Естествознание: исследование и обучение: материалы конференции «Чтения Ушинского». – Ярославль: РИО ЯГПУ, 2016. – С. 123-134.
6. Колбовский, Е. Ю. Экология и памятники природы Ярославля [Текст] : Монография. Ярославль / Е. Ю. Колбовский, М. В. Груздев, В. В. Морозова, Т. Г. Иванова, Е. В. Экзерцева: ЯГПУ им. К.Д. Ушинского, 1996г. – 115 с.
7. Кряжева, Н. Г. Анализ стабильности развития берёзы повислой в условиях химического загрязнения [Текст] / Н. Г. Кряжева, Е. К. Чистякова, В. М. Захарова // Экология, 1996, № 6. – С. 441-444.
8. Лукьяненко, В. И. Спасти зеленый щит Ярославля [Текст] / В. И. Лукьяненко. – Ярославль: Издание ВВО РЭА, 2008. – 48 с.
9. Лысенко, Н.Л. Экологические и физиологические характеристики водной растительности при токсических воздействиях. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 1989. – 24 с.
10. Машинский, Л. О. Город и природа. М. : Стройиздат, 1973. – 228 с.
11. Мозолевская, Е. Г. Деревья рядом с нами [Текст] / Е. Г. Мозолевская. – Живой лес. 2009, № 4. – С. 22–25.
12. Определитель высших растений Ярославской области / Под ред. Богачева В.К. Ярославль: Верхне-Волжское кн. изд-во, 1986. 180 с.
13. Рысин, А. П. Урболесоведение [Текст] / А. П. Рысин, С. А. Рысин. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2012. – 240 с.
14. Соколова, Э. С. Методы исследования грибов, развивающихся на древесных растениях [Текст] / Э.С. Соколова, Е. Г. Мозолевская, Б. М. Каплан. – М.: ФГБОУ ДОД ФДЭБЦ, 2013. – 80 с.
15. Теоретические вопросы биотестирования [Текст] /отв. ред. В.И. Лукьяненко. – Волгоград : ИБВВ АН СССР, 1983. – 194 с.
16. Экология Ярославской области [Текст] : учеб. пособие для уч-ся 8-9 кл. средней школы/ Е. Ю. Колбовский, В. Л. Рохмистров, В. А. Щенёв, В. Н. Баранов, О.Ю. Яковлева. –Ярославль : Верхне-Волжское изд-во, 1996г. – 176 с.

Приложение 1

Список видов растений разных жизненных форм, произрастающих на территории памятника природы «Бутусовский парк»

№ п/п	Вид (латинское название)	Вид (русское название)
	Древесные насаждения	
1.	<i>Larix sibirica</i>	Лиственница сибирская
2.	<i>Picea abias</i>	Ель европейская
3.	<i>Pinus sylvestris</i>	Сосна обыкновенная
4.	<i>Juniperus communis</i>	Можжевельник обыкновенный
5.	<i>Abies sibirica</i>	Пихта сибирская
6.	<i>Betula pubescens</i>	Береза пушистая
7.	<i>Betula pendula</i>	Береза повислая
8.	<i>Acer platanoides</i>	Клён остролистный
9.	<i>Acer negundo</i>	Клён ясенелистный, или американский
10.	<i>Acer tataricum</i>	Клён татарский
11.	<i>Ulmus laevis</i>	Вяз гладкий
12.	<i>Tilia cordata</i>	Липа сердцевидная
13.	<i>Sorbus aucuparia</i>	Рябина обыкновенная
14.	<i>Prunus padus</i>	Черемуха обыкновенная
15.	<i>Populus laurifolia</i>	Тополь лавролистный
16.	<i>Populus x berolinensis</i>	Тополь берлинский
17.	<i>Catalpa begonioides</i>	Катальпа бигониевая
18.	<i>Qercus robur</i>	Дуб черешчатый
19.	<i>Aesculus hippocastanum</i>	Каштан конский обыкновенный
20.	<i>Fraxinus pennsylvanica</i>	Ясень пенсильванский
21.	<i>Malus domestica</i>	Яблоня домашняя
22.	<i>Salix alba</i>	Ива серебристая
	Кустарники	
1.	<i>Sambucus racemosa</i>	Бузина красная
2.	<i>Caragana arborescens</i>	Карагана древовидная
3.	<i>Hippophaë rhamnoides</i>	Облепиха крушиновидная
4.	<i>Physocarpus opulifolius</i>	Пузыреплодник калинолистный
5.	<i>Syringa vulgaris</i>	Сирень обыкновенная
6.	<i>Spiraea media</i>	Спирея средняя
7.	<i>Euonymus verrucosa</i>	Бересклет бородавчатый
8.	<i>Juniperus sabina</i>	Можжевельник казацкий
9.	<i>Philadelphus coronarius</i>	Чубушник венечный
10.	<i>Corylus avellana</i>	Лещина обыкновенная, или орешник
	Травянистые растения	
1.	<i>Poa annua</i>	Мятлик однолетний
2.	<i>Poa trivialis</i>	Мятлик обыкновенный
3.	<i>Echinochloa crus-galli</i>	Ежовник обыкновенный
4.	<i>Phleum pratense</i>	Тимофеевка луговая
5.	<i>Dactylis glomerata</i>	Ежа сборная
6.	<i>Trifolium repens</i>	Клевер ползучий
7.	<i>Trifolium hybridum</i>	Клевер гибридный
8.	<i>Trifolium pratense</i>	Клевер луговой
9.	<i>Melilotus albus</i>	Донник белый

10.	<i>Polygonum aviculare</i>	Горец птичий
11.	<i>Achillea millefolium</i>	Тысячелистник обыкновенный
12.	<i>Aegopodium podagraria</i>	Сныть обыкновенная
13.	<i>Alchemilla vulgaris</i>	Манжетка обыкновенная
14.	<i>Arctium tomentosum</i>	Лопух паутинистый
15.	<i>Artemisia vulgaris</i>	Полынь обыкновенная
16.	<i>Atriplex sagitata</i>	Лебеда стрелолистная, или лоснящаяся
17.	<i>Capsella bursa-pastoris</i>	Пастушья сумка
18.	<i>Chamomilla suaveolens</i>	Ромашка пахучая
19.	<i>Chelidonium majus</i>	Чистотел большой
20.	<i>Chenopodium album</i>	Марь белая
21.	<i>Centaurea jacea</i>	Василек луговой
22.	<i>Cichorium intybus</i>	Цикорий обыкновенный
23.	<i>Erigeron canadensis</i>	Мелколепестник канадский
24.	<i>Equisetum arvense</i>	Хвощ полевой
25.	<i>Epilobium hirsutum</i>	Купырь лесной
26.	<i>Geum urbanum</i>	Гравилат городской
27.	<i>Impatiens parviflora</i>	Недотрога мелкоцветковая
28.	<i>Lamium album</i>	Яснотка белая
29.	<i>Lapsana communis</i>	Бородавник обыкновенный
30.	<i>Linaria vulgaris</i>	Льнянка обыкновенная
31.	<i>Matricaria discoidea</i>	Ромашка непахучая
32.	<i>Plantago major</i>	Подорожник большой
33.	<i>Plantago media</i>	Подорожник средний
34.	<i>Potentilla erecta</i>	Лапчатка прямостоячая
35.	<i>Ranunculus acris</i>	Лютик едкий
36.	<i>Ranunculus repens</i>	Лютик ползучий
37.	<i>Rumex obtusifolius</i>	Щавель туполистный
38.	<i>Senecio vulgaris</i>	Крестовник обыкновенный
39.	<i>Tanacetum vulgare</i>	Пижма обыкновенная
40.	<i>Taraxacum officinale</i>	Одуванчик лекарственный
41.	<i>Tussilago farfara</i>	Мать-и-мачеха
42.	<i>Urtica dioica</i>	Крапива двудомная
43.	<i>Veronica chamaedris</i>	Вероника дубравная
44.	<i>Sisymbrium officinale</i>	Гулявник лекарственный

Городскую дендрофлору называют «иммунной системой города», который требует укрепления [цит. по 13]. Поэтому сегодня перед озеленителями города стоит задача создания благоприятных условий для произрастания зелёных насаждений парков и скверов.

Зелёные насаждения Ярославля создают благополучную среду обитания человека [8]. И в этом зеленом убранстве памятники природы города имеют большое значение. Природная среда в городе претерпевает глубокие изменения всех компонентов. Городские насаждения страдают от сильной загазованности и пониженной влажности воздуха, уплотнения, иссушения, низкого плодородия почвы, загрязнения строительным мусором и химическими отходами, резкого перепада температур и своеобразного ветрового режима [5, 10, 11, 13, 16]. Кроме того, механические повреждения деревьев способствуют распро-

странению фитопатогенов. Однако антропогенное влияние не всегда является главной причиной снижения устойчивости и последующего заболевания деревьев на урбанизированных территориях.

Декоративные свойства значительной части деревьев невысоки. Из фитопатологий отмечены: суховершинность вяза и ясеня, стволовые и комлевые гнили бактериального и грибкового происхождения, повреждение стволов липы тиростромозом, рак березы, сувели на клене ясенелистом, ржавчина на листьях тополей, кремовая и черная пятнистость на листьях липы, мучнистая роса на клене остролистном и клене татарском, обдиры коры у березы и клёна ясенелистного, морозобойные трещины у разных пород деревьев, многоствольность, искривления стволов, однобокость крон.

Приложение 2

Изменения длины корня и стебля проростков кресс-салата при биотестировании в течение 10-ти суток (среднее значение показателей) осень 2023-2024 гг

Сутки	Среднее значение корня, см 2023 г	Среднее значение стебля, см 2023 г	Среднее значение корня, см 2024 г	Среднее значение стебля, см 2024 г
В контроле				
1	0,41±0,28	0,1±0	0,45±0,3	0,1±0
2	1,52±0,36	0,67±0,11	1,8±0,33	0,5±0,07
3	3,33±0,62	1,71±0,17	3,37±0,5	1,9±0
4	5,18±0,84	3,4±0,47	4,82±0,84	3,0±0,35
5	5,52±0,77	3,83±0,48	5,63±0,65	4,00±0,35
6	6,05±1,05	4,32±0,41	5,95±0,65	4,15±0,78
7	6,28±0,84	4,53±0,47	6,41±0,43	4,2±0,45
8	6,48±0,78	4,59±0,52	6,41±0,43	4,35±0,5
9	6,50±0,75	4,63±0,48	6,45±0,6	4,39±0,3
10	6,50±0,75	4,63±0,48	6,45±0,6	4,39±0,3
В пробе 1				
1	0,26±0,27	0±0,01	0,38±0	0,09±0
2	1,25±0,46	0,77±0,28	1,5±0	0,5±0,1
3	2,91±0,31	1,79±0,19	3,0±0,4	1,3±0,3
4	4,43±0,6	3,25±0,58	3,3±0,3	1,9±0,4
5	4,78±0,6	3,68±0,6	3,5±0,1	2,7±0,1
6	4,95±0,55	3,82±0,57	4,1±0,3	3,0±0,5
7	5,05±0,56	3,92±0,55	4,4±0,5	3,5±0,4
8	5,05±0,56	3,93±0,54	4,85±0,5	3,7±0,7
9	5,05±0,56	3,93±0,54	4,98±0,2	3,75±0,3
10	5,05±0,56	3,93±0,54	4,98±0,2	3,75±0,3
В пробе 2				
1	0,42±0,25	0,09±0,01	0,45±0,3	0,1±0
2	1,6±0,27	0,63±0,15	1,7±0,18	0,5±0,36
3	2,76±0,36	1,72±0,19	2,6±0,29	1,9±0,28
4	3,8±0,47	2,67±0,27	3,5±0,39	2,86±0,81
5	4,24±0,46	3,17±0,28	4,15±0,35	3,21±0,33
6	4,53±0,43	3,47±0,26	4,5±0,35	3,5±0,38
7	4,61±0,38	3,64±0,27	4,75±0,1	3,58±0,35

8	4,76±0,35	3,75±0,27	5,0±0	3,6±0,41
9	5,1±0,35	3,75±0,27	5,3±0,1	3,8±0,63
10	5,1±0,35	3,75±0,27	5,3±0,1	3,8±0,63
В пробе 3				
1	0,39±0,23	0,1±0	0,4±0,1	0,1±0
2	1,64±0,23	0,72±0,17	1,55±0,1	0,56±0
3	2,82±0,3	1,75±0,2	3,0±0,27	1,42±0,43
4	3,83±0,31	2,8±0,22	3,85±0,34	2,51±0,24
5	4,5±0,3	3,46±0,27	4,3±0,21	3,55±0,67
6	4,86±0,32	3,88±0,24	4,7±0,76	3,75±0,54
7	5,13±0,34	4,17±0,25	5,1±0,37	4,1±0,38
8	5,29±0,36	4,34±0,25	5,5±0,54	4,2±0,51
9	5,33±0,37	4,4±0,23	5,7±0,63	4,3±0,83
10	5,33±0,37	4,4±0,23	5,7±0,63	4,3±0,83

Условия эксперимента 2023-2024 годов: температура в комнате 20-22⁰С, освещенность утром в диапазоне 50-70 Лк; днём 190-210 Лк; вечером 80-90 Лк; в чашках Петри поддерживали постоянную влажность. в чашках Петри поддерживали постоянную влажность. Освещенность измеряли люксметром RGK LM-20. Пробы почвы и семян кресс-салата взвешивали на ювелирных весах; погрешность 0,001 г. Масса отбираемых семян кресс-салата составила 0,06 ±0,01 г.

Послойно с глубины 0-5 и 5-20 см методом конверта. Объединенная проба весом 1 кг состояла из пяти точечных массой 200 г с одной пробной площадки, которую составляли путем смешивания в одну общую. Перед началом биотестирования определяли всхожесть семян путём их проращивания 7 суток в чашках Петри, при комнатной температуре.

Проведенное биотестирование образцов почвы показало, что, начиная со 2-х суток, в контроле и опыте (пробы почв под номерами № 1,2,3, отмечены на рис. 1) происходит активный рост корней и стеблей, а с 6-х суток показатели выходят на «плато». Полученная закономерность согласуется с данными по определению лабораторной всхожести семян и энергии прорастания кресс-салата.

Показатели изменения длины корней несколько выше, чем длины стеблей. Длина корней является наиболее чувствительным показателем у растения [11].

Согласно авторам [15, 17], токсическое действие пробы считается доказанным, если в эксперименте зафиксирован токсический эффект торможения роста проростков, а именно их корней на 50 %.

Приложение 3

Результаты замеров листьев липы сердцевидной, отобранных в 2023г, в Бутусовском парке и их статистическая обработка

d_{l-r}	$(d_{l-r}-M_d)^2$	d_{l-r}	$(d_{l-r}-M_d)^2$	d_{l-r}	$(d_{l-r}-M_d)^2$	d_{l-r}	$(d_{l-r}-M_d)^2$	d_{l-r}	$(d_{l-r}-M_d)^2$
0,060606	0,002065	0,062500	0,000606	0,105263	0,001006	0,039216	0,000062	0,057143	0,007700
0,060606	0,002065	0,057143	0,000899	0,062500	0,000122	0,000000	0,002217	0,000000	0,020994
0,000000	0,011247	0,093023	0,000035	0,058824	0,000217	0,160920	0,012959	0,077922	0,004485
0,060606	0,002065	0,163934	0,005899	0,074074	0,000000	0,064516	0,000304	0,072289	0,005271
0,084507	0,000464	0,030769	0,003176	0,111111	0,001411	0,062500	0,000238	0,235294	0,008172
0,068966	0,001375	0,181818	0,008966	0,108108	0,001194	0,105263	0,003385	0,133333	0,000134
0,171429	0,004274	0,117647	0,000931	0,084507	0,000120	0,089552	0,001804	0,327273	0,033262
0,086957	0,000365	0,092308	0,000027	0,000000	0,005410	0,060606	0,000183	0,206897	0,003844
0,092308	0,000189	0,064516	0,000511	0,129032	0,003078	0,031746	0,000235	0,230769	0,007375
0,181818	0,005741	0,000000	0,007591	0,028986	0,001986	0,043478	0,000013	0,125000	0,000396
0,117647	0,000134	0,030769	0,003176	0,084507	0,000120	0,000000	0,002217	0,202899	0,003365
0,230769	0,015555	0,084507	0,000007	0,028986	0,001986	0,068966	0,000479	0,193548	0,002367
0,000000	0,011247	0,000000	0,007591	0,028169	0,002060	0,000000	0,002217	0,055556	0,007981
0,266667	0,025797	0,275862	0,035621	0,058824	0,000217	0,022989	0,000581	0,245614	0,010145
0,089552	0,000272	0,142857	0,003106	0,084507	0,000120	0,022472	0,000606	0,222222	0,005980
0,036364	0,004856	0,086957	0,000000	0,117647	0,001944	0,026667	0,000417	0,181818	0,001363
0,000000	0,011247	0,057143	0,000899	0,026667	0,002198	0,177215	0,016934	0,000000	0,020994
0,117647	0,000134	0,051282	0,001285	0,025316	0,002327	0,000000	0,002217	0,208955	0,004104
0,187500	0,006634	0,000000	0,007591	0,068966	0,000021	0,046512	0,000000	0,095238	0,002466
0,105263	0,000001	0,000000	0,007591	0,028986	0,001986	0,045455	0,000003	0,168675	0,000566
0,028169	0,006066	0,027397	0,003568	0,205128	0,017313	0,000000	0,002217	0,176471	0,000997
0,144928	0,001511	0,105263	0,000329	0,092308	0,000352	0,046512	0,000000	0,253521	0,011800
0,000000	0,011247	0,222222	0,018251	0,054054	0,000380	0,031746	0,000235	0,051282	0,008763
0,208955	0,010589	0,125000	0,001434	0,080000	0,000042	0,030769	0,000266	0,024691	0,014449
0,250000	0,020721	0,105263	0,000329	0,092308	0,000352	0,000000	0,002217	0,075949	0,004753
M_d	0,106051		0,087127		0,073551		0,047084		0,144894
δ^2_d	0,006494		0,004976		0,001915		0,002167		0,007989

Результаты замеров листьев липы сердцевидной, отобранных в 2024г, в Бутусовском парке и их статистическая обработка

Липа 1		Липа 2		Липа 3		Липа 4		Липа 5	
$dl-r$	$(dl-r - M_d)^2$	$dl-r$	$(dl-r - M_d)^2$	$dl-r$	$(dl-r - M_d)^2$	$dl-r$	$(dl-r - M_d)^2$	$dl-r$	$(dl-r - M_d)^2$
0,02352941	0,009431	0,129032	0,002851	0,051282	0,000520	0,022989	0,003326	0,000000	0,006003
0,117647	0,000009	0,117647	0,001764	0,080000	0,000035	0,000000	0,006506	0,041667	0,001283
0,142857	0,000493	0,074074	0,000002	0,117647	0,001898	0,048780	0,001016	0,033898	0,001900
0,100000	0,000426	0,000000	0,005722	0,061856	0,000149	0,059406	0,000452	0,055556	0,000481
0,229508	0,011851	0,024691	0,002596	0,024691	0,002439	0,070588	0,000101	0,080000	0,000006
0,000000	0,014555	0,074074	0,000002	0,098361	0,000590	0,077922	0,000007	0,058824	0,000348
0,058824	0,003822	0,133333	0,003328	0,158730	0,007166	0,043478	0,001383	0,025316	0,002721
0,108108	0,000157	0,026667	0,002399	0,080000	0,000035	0,101695	0,000442	0,092308	0,000220
0,130435	0,000096	0,129032	0,002851	0,000000	0,005488	0,105263	0,000605	0,097561	0,000403
0,136364	0,000247	0,158730	0,006904	0,028986	0,002033	0,123457	0,001832	0,095238	0,000315
0,166667	0,002118	0,068966	0,000045	0,129032	0,003020	0,108108	0,000753	0,021053	0,003184
0,142857	0,000493	0,148148	0,005257	0,071429	0,000007	0,048780	0,001016	0,108108	0,000938

0,055556	0,004237	0,061856	0,000190	0,090909	0,000283	0,058824	0,000477	0,082192	0,000022
0,114943	0,000033	0,000000	0,005722	0,117647	0,001898	0,117647	0,001368	0,148148	0,004994
0,095238	0,000646	0,095238	0,000384	0,083333	0,000086	0,047619	0,001092	0,086957	0,000090
0,222222	0,010318	0,117647	0,001764	0,133333	0,003511	0,000000	0,006506	0,098361	0,000436
0,144928	0,000590	0,040000	0,001270	0,077922	0,000015	0,098361	0,000313	0,090909	0,000180
0,040000	0,006504	0,072289	0,000011	0,093023	0,000359	0,062500	0,000330	0,105263	0,000772
0,085106	0,001263	0,024096	0,002657	0,098361	0,000590	0,036364	0,001962	0,101695	0,000586
0,193548	0,005315	0,080000	0,000019	0,052632	0,000460	0,086957	0,000040	0,070588	0,000048
0,100000	0,000426	0,029851	0,002097	0,093023	0,000359	0,160000	0,006295	0,061856	0,000244
0,086957	0,001135	0,105263	0,000877	0,021505	0,002764	0,153846	0,005356	0,068966	0,000073
0,187500	0,004470	0,052632	0,000529	0,024691	0,002439	0,100000	0,000374	0,114286	0,001355
0,111111	0,000091	0,086957	0,000128	0,032787	0,001705	0,188679	0,011668	0,093023	0,000242
0,222222	0,010318	0,040816	0,001213	0,030769	0,001876	0,095238	0,000213	0,105263	0,000772
M_d	0,047619		0,075642		0,074078		0,080660		0,077481
δ²_d	0,003710		0,002108		0,001655		0,002226		0,001151

**Результаты замеров листьев клена остролистного, отобранных в 2023г,
в Бутусовском парке и их статистическая обработка**

№ пп	Ширина половинок листа, мм							
	л	пр	л	пр				
	Клен 1		Клен 2		d _{l-r}	(d _{l-r} -M _d) ²	d _{l-r}	(d _{l-r} -M _d) ²
1	121	121	115	105	0,000000	0,001619	0,090909	0,001489
2	120	108	124	115	0,105263	0,004228	0,075314	0,000529
3	113	110	107	113	0,026906	0,000178	0,054545	0,000005
4	112	120	125	127	0,068966	0,000825	0,015873	0,001328
5	115	116	112	110	0,008658	0,000997	0,018018	0,001177
6	100	117	122	107	0,156682	0,013559	0,131004	0,006191
7	117	117	110	110	0,000000	0,001619	0,000000	0,002737
8	117	117	120	101	0,000000	0,001619	0,171946	0,014311
9	115	117	110	115	0,017241	0,000529	0,044444	0,000062
10	117	121	114	123	0,033613	0,000044	0,075949	0,000558
11	125	125	117	118	0,000000	0,001619	0,008511	0,001919
12	117	120	116	120	0,025316	0,000223	0,033898	0,000339
13	120	120	117	115	0,000000	0,001619	0,017241	0,001230
14	110	114	118	118	0,035714	0,000020	0,000000	0,002737
15	128	134	121	125	0,045802	0,000031	0,032520	0,000392
16	125	139	125	110	0,106061	0,004332	0,127660	0,005676
17	123	126	120	125	0,024096	0,000261	0,040816	0,000132
18	108	108	117	115	0,000000	0,001619	0,017241	0,001230
19	130	111	115	127	0,157676	0,013791	0,099174	0,002195
20	127	122	122	120	0,040161	0,000000	0,016529	0,001281
21	125	124	107	102	0,008032	0,001037	0,047847	0,000020
22	120	127	105	105	0,056680	0,000270	0,000000	0,002737
23	135	129	117	115	0,045455	0,000027	0,017241	0,001230
24	112	117	120	102	0,043668	0,000012	0,162162	0,012065
25	120	120	109	110	0,000000	0,001619	0,009132	0,001865
					M_d	0,040240		0,052319
					δ²_d	0,002154		0,002643

**Результаты замеров листьев клена остролистного, отобранных в 2024г,
в Бутусовском парке и их статистическая обработка**

№ пп	Ширина половинок листа, мм							
	л	пр	л	пр				
	Клен 1		Клен 2		d_{l-r}	$(d_{l-r} - M_d)^2$	d_{l-r}	$(d_{l-r} - M_d)^2$
1	110	115	120	123	0,044444	0,000029	0,024691	0,001435
2	124	124	120	132	0,000000	0,002486	0,095238	0,001067
3	127	131	103	109	0,031008	0,000355	0,056604	0,000036
4	116	126	125	134	0,082645	0,001075	0,069498	0,000048
5	128	108	111	131	0,169492	0,014311	0,165289	0,010551
6	108	123	121	122	0,129870	0,006401	0,008230	0,002953
7	117	117	116	113	0,000000	0,002486	0,026201	0,001323
8	112	120	114	128	0,068966	0,000365	0,115702	0,002823
9	115	113	128	121	0,017544	0,001044	0,056225	0,000040
10	135	131	115	132	0,030075	0,000392	0,137652	0,005637
11	114	120	114	119	0,051282	0,000002	0,042918	0,000386
12	130	124	125	122	0,047244	0,000007	0,024291	0,001465
13	108	111	130	130	0,027397	0,000505	0,000000	0,003915
14	129	134	122	105	0,038023	0,000140	0,149780	0,007605
15	113	123	126	109	0,084746	0,001217	0,144681	0,006742
16	129	129	124	119	0,000000	0,002486	0,041152	0,000459
17	117	115	117	121	0,017241	0,001064	0,033613	0,000839
18	137	127	119	130	0,075758	0,000671	0,088353	0,000665
19	128	136	111	111	0,060606	0,000115	0,000000	0,003915
20	109	119	106	118	0,087719	0,001433	0,107143	0,001987
21	105	110	136	123	0,046512	0,000011	0,100386	0,001430
22	123	124	123	117	0,008097	0,001744	0,050000	0,000158
23	121	126	111	114	0,040486	0,000088	0,026667	0,001289
24	132	123	126	126	0,070588	0,000430	0,000000	0,003915
25	120	118	122	122	0,016807	0,001093	0,000000	0,003915
					M_d	0,049862		0,062573
					σ^2_d	0,001665		0,002692

Флуктуирующая асимметрия листьев древесных форм растений как тест-система в биоиндикации качества среды. Метод выявляет нарушения симметрии развития листовой пластинки древесных форм растений.

Оценка флуктуирующей асимметрии листьев хорошо зарекомендовала себя при определении общего уровня антропогенного воздействия [2, 4, 5, 7, 9].

Натурные исследования маршрутным методом проведены в парке в мае-октябре 2023 года, сбор материала – в июле. Выборку листьев делали с близко растущих средневозрастных деревьев на площади 10 х 10 м (по 25 листьев среднего размера каждого вида растений). Величину асимметрии оценивали с помощью величины среднего относительного различия по признакам.

Приложение 4

Показатели эффективности

1) Количественные:

- а) Фиторазнообразие Бутусовского парка представлено 78 видами.
- б) 2023г: Длина корней в контроле лежит в интервале 0,41-6,5 см, в пробе № 1 – 0,26-5,05, пробе № 2 – 0,42-5,1 и пробе № 3 – 0,39-5,33 см. Изменения длины стеблей лежат в интервале в контроле 0,1–4,63 см, в пробе № 1 – 0–3,93 см, пробе № 2 – 0,09–3,75 см, пробе № 3 – 0,1–4,4.
- в) 2024г: Изменения длины корней в контроле лежит в интервале 0,45-6,45 см, в пробе № 1 – 0,38-4,98, пробе № 2 – 0,45-5,3 и пробе № 3 – 0,4-5,7 см. Изменения длины стеблей контроля лежат в интервале 0,1–4,39 см, в пробе № 1 – 0,09–3,75 см, пробе № 2 – 0,1–3,8 см, пробе № 3 – 0,1–4,3 см.
- г) Среднее значение коэффициента флуктуирующей асимметрии (δ^2_d) в 2023 г для липы составляет 0,0046, для клёна – 0,0023. Среднее значение коэффициента флуктуирующей асимметрии (δ^2_d) в 2024 г для клёна составляет 0,0022, для липы – 0,0018.

2) Качественные:

- а) Изменение уровня загрязненности. По сравнению с данными исследования, проводимого в 2023г, с результатами исследования, проводимого в 2024г, экологическое состояние парка улучшилось.
- б) Сотрудничество с ГОРЗЕЛЕНХОЗОМ, что позволило опубликовать пост о ненужности высаживать растения без разрешения ГОРЗЕЛЕНХОЗА.

Приложение 5

SWOT-анализ

Таблица 5 – показатели SWOT-анализа

Strengths: - Бутусовский парк является памятником природы, что подчеркивает его уникальность и важность для экосистемы региона - Парк имеет историческую и культурную ценность, что привлекает интерес общественности и исследователей - Исследование комплексное, направленное на анализ многих параметров	Weaknesses - Отсутствие биотестирования снега, т.е. круглогодичного регулярного мониторинга: недостаток систематического мониторинга состояния экосистемы парка может привести к ухудшению состояния парка - Человеческое воздействие (мусор, вандализм) - Недостаток финансирования, что не позволяет проводить мероприятия по улучшению состояния парка и дорогостоящих исследований
Opportunities - Вступление в более крупные проекты исследований и государственные программы, направленные на улучшение экологического состояния парков - Уменьшение значения погрешности (приобретение более качественное оборудование) - Привлечение инвестиций	Threats - Закрытие парка - Урезание территории парка - Недостаточная общественная поддержка

S + O – Нетребование большого количества профессионального оборудования для проведения исследований, но при этом возможность наиболее точно

определить экологическое состояние объекта при небольшом вложении материальных ресурсов, что позволяет использовать этот опыт другим школьникам для исследования парков России и сотрудникам природоохранных организаций при ограниченном бюджете при доработке проекта, т. Е. разработка программ исследований и программ по восстановлению экосистемы памятника природы. Использование уникальности и экологической ценности парка. Привлечение активистов и волонтеров к проведению мероприятий.

W + O – Возможность отсутствия профессиональных знаний и опыта. Низкая степень доверия к школьнику. Недостаток финансирования. Уязвимость к внешним угрозам (загрязнение среды)

S + T – Отсутствие конкурентов, качественное оборудование, возможность партнерств с экологическими организациями.

W + T – Нестабильная ситуация в стране в сфере экологии. Увеличение антропогенной нагрузки (туризм, застройка). Низкая осведомленность населения о значении парка.