

СОПОСТАВЛЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ЗОН ПАМЯТНИКА ПРИРОДЫ «СЕРЕБРЯНЫЙ БОР» ПО АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКЕ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА СОСТОЯНИЯ ПОЧВЕННО-РАСТИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

COMPARISON OF DIFFERENT FUNCTIONAL ZONES OF THE NATURAL MONUMENT “SEREBRYANNY BOR” ON THE BASIS OF THE ANALYSIS OF SOIL AND VEGETATION SYSTEMS

**A. Lukianchikova
V. Zubkova
A. Gaponenko**

Summary. The article presents data on the agrochemical parameters of the soil, the content of heavy metals in it, as well as the content of heavy metals and the fluctuating asymmetry of the leaves of May lily of the valley (*Convallaria majalis*, L.) and green strawberry (*Fragaria viridis*, W.) for three functional zones of the Regional Natural Monument Meaning “Silver Forest”. As a result of the research, the outlined territorial differentiation in the content of HMs, as well as P205 and K20 in the soil, was established, changing in the following order: recreational zone > walking zone > reserved zone; At the same time, in general, according to the criterion of severity of environmental situations, the environmental situation in all three zones can be characterized as satisfactory.

Keywords: specially protected natural area, heavy metals, anthropogenic load, concentration factors, total pollution index.

Лукьянчикова Анна Алимджановна

Соискатель, Российский государственный
социальный университет (Москва)
soroka612@yandex.ru

Зубкова Валентина Михайловна

Д.б.н., профессор, Российский государственный
социальный университет (Москва)
vmzubkova@yandex.ru

Гапоненко Альбина Вячеславовна

К.п.н., доцент, Российский государственный
социальный университет (Москва)
gaponenko69@mail.ru

Аннотация. В статье приводятся данные по агрохимическим показателям почвы, содержанию в ней тяжелых металлов, а также содержанию тяжелых металлов и флуктуирующей асимметрии листьев ландыша майского (*Convallaria majalis*, L.) и земляники зеленой (*Fragaria viridis*, W.) для трех функциональных зон Памятника природы регионального значения «Серебряный бор». В результате исследований установлена наметившаяся территориальная дифференциация в содержании ТМ, а также P205 и K20 в почве, изменяющаяся в ряду: рекреационная зона > прогулочная зона > заповедная зона; при этом в целом по критерию остроты экологических ситуаций экологическую обстановку всех трех зон можно охарактеризовать как удовлетворительную.

Ключевые слова: особо охраняемая природная территория (ООПТ), тяжелые металлы (ТМ), антропогенная нагрузка, коэффициенты концентрации, суммарный показатель загрязнения.

Одним из подходов установления антропогенного влияния на особо охраняемые природные территории (ООПТ), расположенные в границах крупных городов, является оценка остроты экологических ситуаций, основанная на анализе экологических проблем, характере и интенсивности проявления их последствий. К важнейшим показателям при этом относят суммарное количество тяжелых металлов (ТМ) в почве и растениях, отражающее уровень рекреационной нагрузки на природные территории. Такой анализ позволяет оценить интенсивность антропогенного воздействия на экосистемы, выявить закономерности загрязнения и предложить практические рекомендации для сохранения территории и ее обитателей [11].

Памятник природы регионального значения «Серебряный бор» (далее — ПП «Серебряный бор») является ООПТ, расположенной в Северо-Западном административном округе Москвы в районе Хорошево-Мневники [9,10].

ПП «Серебряный бор» занимает площадь 328,6 га, из них 202 га — ООПТ; остальные 165,7 га относятся к административно-хозяйственным территориям и владениям сторонних землепользователей. Природная часть в соответствии с уровнем антропогенной нагрузки и режимом охраны делится на три функциональные зоны: рекреационную, прогулочную и заповедную.



Рис. 1. Места отбора проб почв и растений в ПП «Серебряный бор»

Целью работы явилась оценка эколого-геохимического состояния почв и растений различных функциональных зон парка по изменению некоторых агрохимических и токсикологических показателей почв, в том числе суммарному показателю загрязнения тяжелыми металлами, а также флуктуирующей асимметрии листьев травянистых растений.

Методы и условия проведения исследований

Исследования проводили с 2018 по 2022 годы. Отбор почвенных образцов для определения агрохимических показателей почвы, содержания в ней ТМ осуществляли в трех функциональных зонах — рекреационной, прогулочной и заповедной. Пробы отбирали и анализировали в соответствии с ГОСТ 17.4.1.02–83, ГОСТ 17.4.4.02–84, ГОСТ 28168–89.

Места отбора проб почв и растений представлены на рисунке 1.

Определение органического вещества в почве проводили по методу Тюрина в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26213–91); подвижных форм фосфора и калия — методом Кирсанова с фотометрическим окончанием (ГОСТ Р 54650–2011); рН — потенциметрически, по методу ЦИНАО (ГОСТ 26483–85) [3,4,5,6,7,8].

Для сравнительной оценки загрязнения почвы различных функциональных зон тяжелыми металлами рассчитывали коэффициенты их концентрации и суммарный показатель загрязнения по Сауту [1].

В качестве растений-индикаторов для установления изменения морфометрических показателей и содержания тяжелых металлов выбраны ландыш майский (*Convallaria majalis*, L) и земляника зеленая (*Fragaria viridis*, W). Образцы растений отбирали в тех же местах, что и образцы почвы. Анализы почв и растений проводили с использованием следующих приборов: рН-метр лабораторный HANNApH-211, фотометр пламенный PFP7, спектрофотометр КФК-ЗКМ, спектрофотометр пламенный атомно-абсорбционный «Спектр-5». Анализы отобранных проб проведены на базе аккредитованной лаборатории — центре сертификации и экологического мониторинга ЦСЭМ «Московский» и в естественнонаучной лаборатории факультета экологии и техносферной безопасности РГСУ.

Результаты исследований

Как свидетельствуют результаты исследований с усилением рекреационного воздействия отмечалось снижение кислотности почвы. Так, для рекреационной и прогулочной зон характерна нейтральная реакция среды (рН = 6,38–6,80), для заповедной — очень силь-

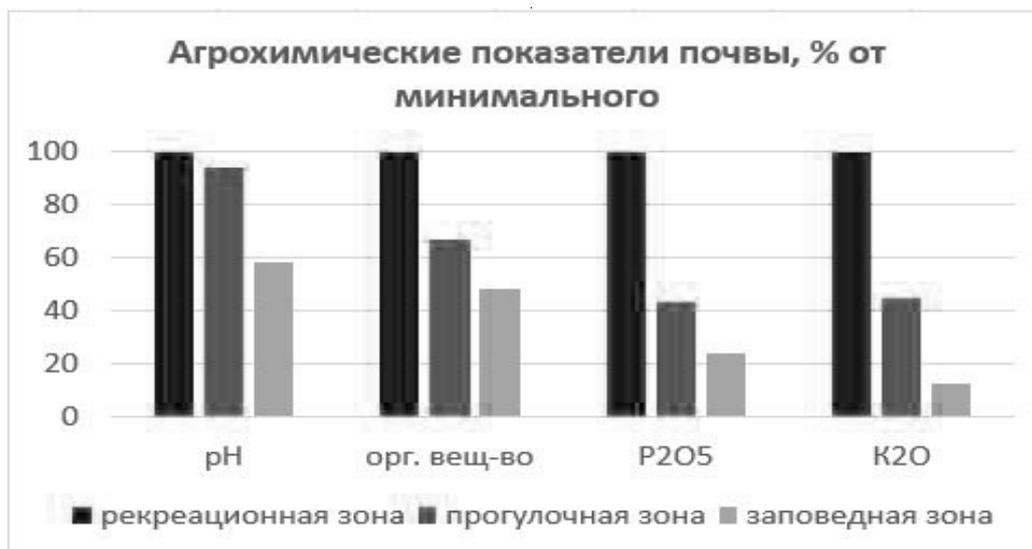


Рис. 2. Агрохимические показатели почвы, % от минимального

Таблица 1. Основные агрохимические показатели почвы исследуемых зон, среднее за 2018–2021 гг.

pH (КCl)	Органическое вещество, % на сух. массу	Подвижные формы, мг/ кг	
		P ₂ O ₅	K ₂ O
Рекреационная зона			
6,80±0,20	11,83±1,18	558,5±111,7	284,8±42,7
Прогулочная зона			
6,38±0,20	7,88±0,79	238,6±47,7	128±19,3
Заповедная зона			
3,92±0,20	5,6±0,56	134,1±26,8	38,5±7,7

Таблица 2. Содержание ТМ в почвах исследуемой территории, мг/кг.

	Zn	Cd	Pb	Ni	Cu	Cr	As
ОДК	55	0,5	32	20	33	6	2
Рекреационная зона	42,1	0,29	5,1	4,5	7,2	2,8	0,61
Прогулочная зона	23,3	0,20	4,7	3,5	4,5	2,1	0,70
Заповедная зона	8,6	0,06	7,4	1,2	3,0	1,7	0,66

нокислая и сильнокислая (pH = 3,72–4,12). Нейтральная реакция среды в рекреационной и прогулочной зонах связана прежде всего с систематическим применением почво-грунтов для создания дорожек, клумб, применением насыпей для создания экологической тропы, посадкой деревьев в связи с акцией «Посади дерево» (2019–2021 гг) [1].

По содержанию подвижных форм фосфора и калия почвы изучаемых зон парка также сильно различаются. Содержание подвижного калия в прогулочной зоне превышает его содержание в заповедной зоне в 2,3, а в рекреационной — в 7,4 раза.

При этом содержание подвижного фосфора в почве рекреационной зоны возросло до 558,5 мг/кг, что указывает на переход этого элемента из разряда необходимых питательных в разряд элементов-загрязнителей. Высоким содержанием фосфора характеризовалась почва прогулочной зоны (табл. 1, рис. 2).

Исследование содержания в почве ТМ показало, что в заповедной зоне уменьшается количество таких микроэлементов, как цинк, кадмий, никель, медь. Содержание свинца в заповедной зоне несколько увеличивается, а содержание хрома и мышьяка по зонам практически не изменяется. Несмотря на невысокие

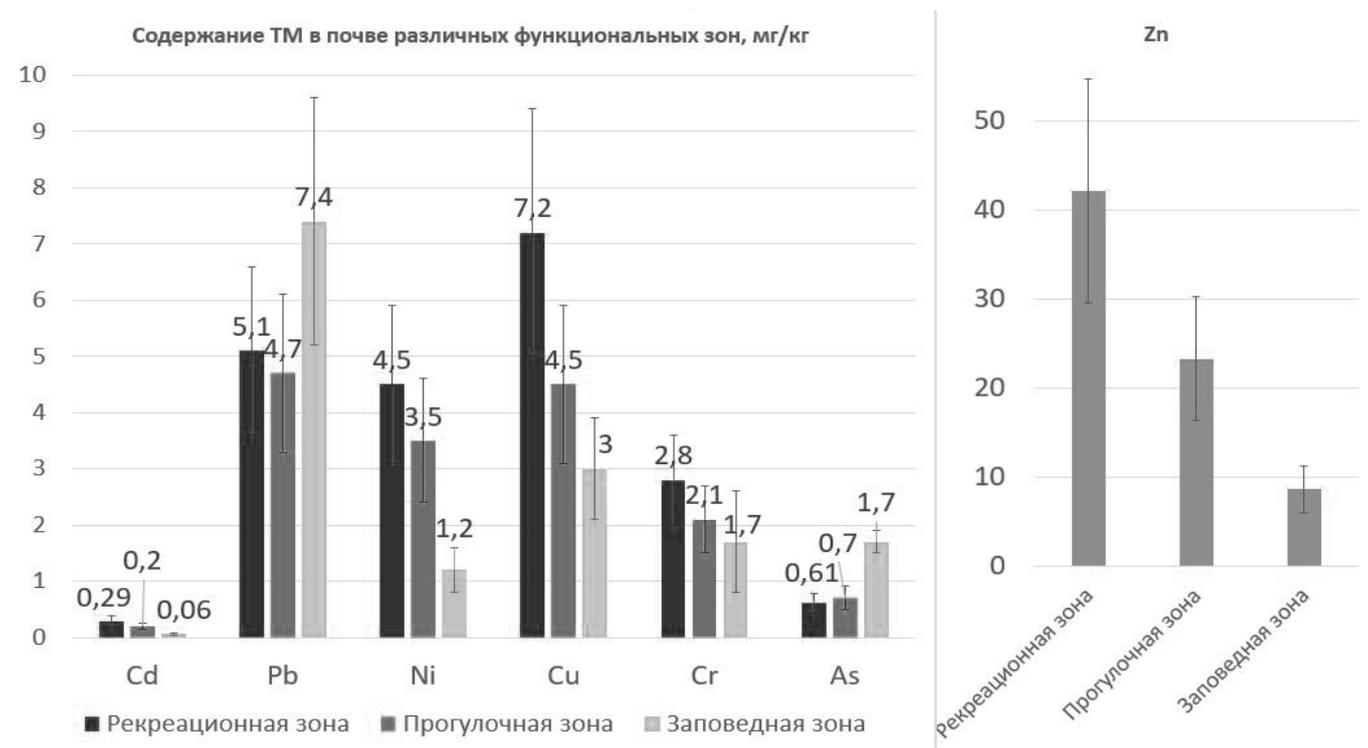


Рис. 3. Содержание ТМ в почве различных функциональных зон, мг/кг

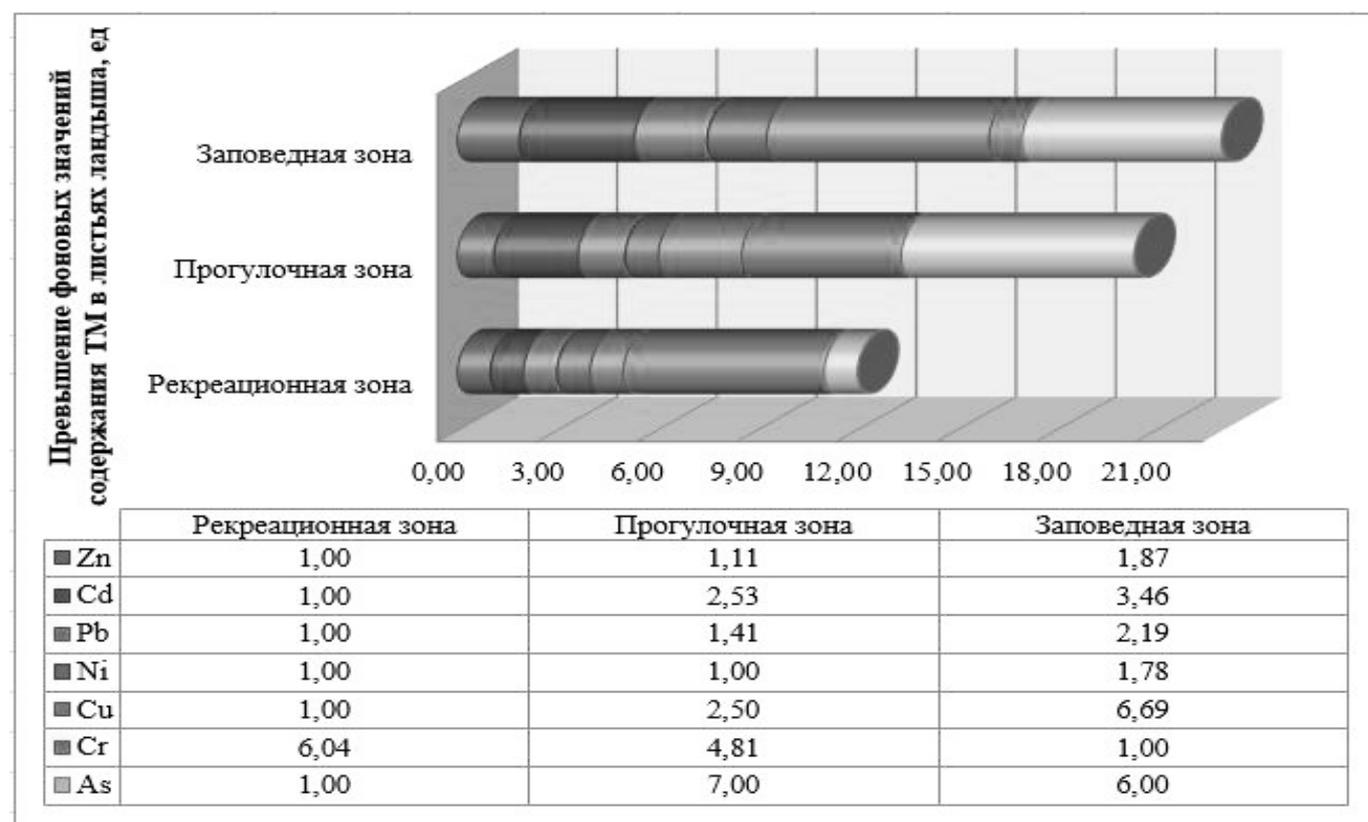


Рис. 4. Превышение фоновых значений содержания ТМ и As почве, ед

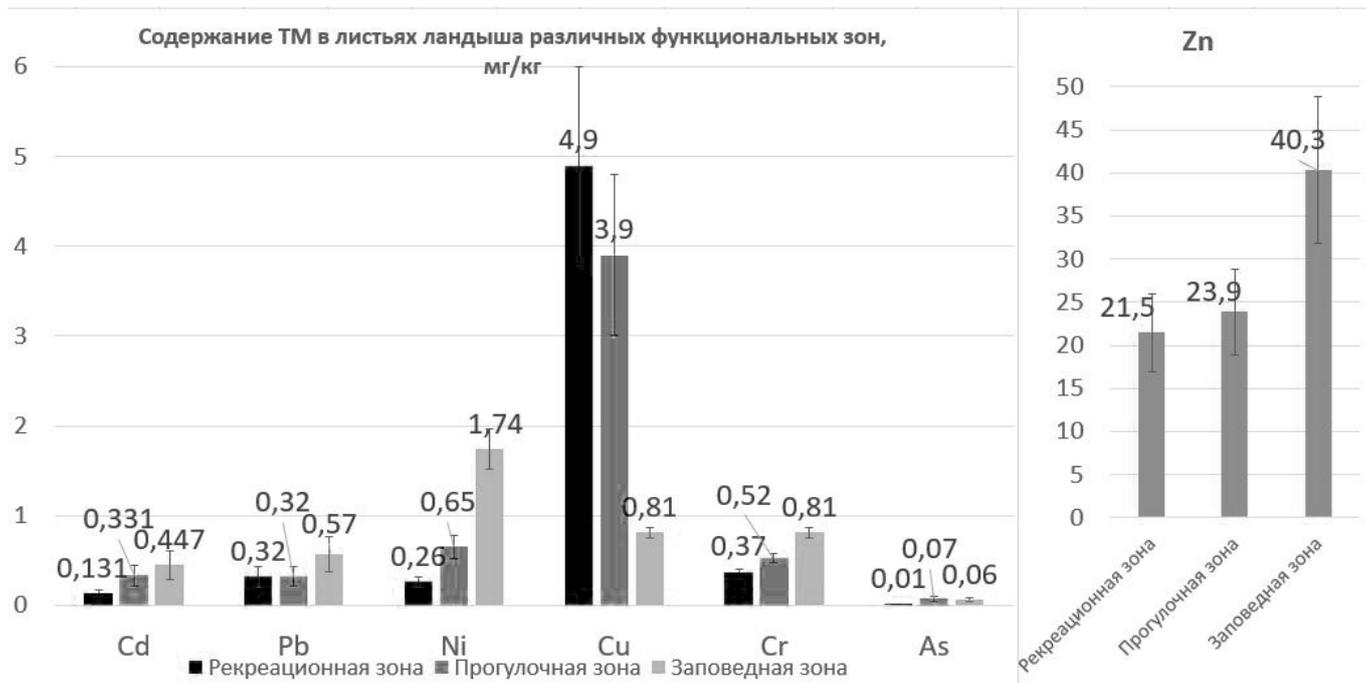


Рис. 5. Содержание ТМ в растениях различных функциональных зон, мг/кг

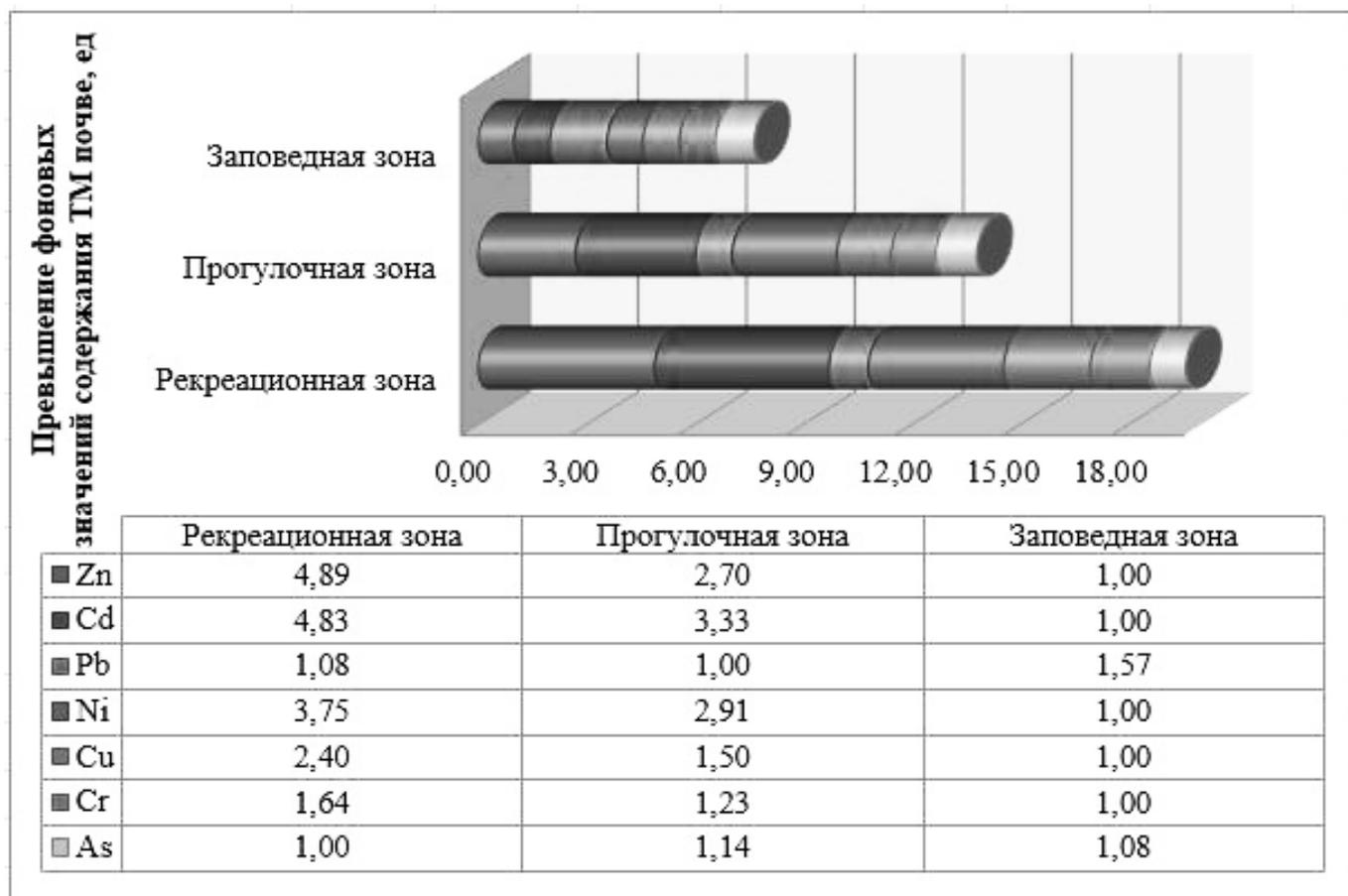


Рис. 6. Превышение фоновых значений содержания ТМ и As в ландыше, ед

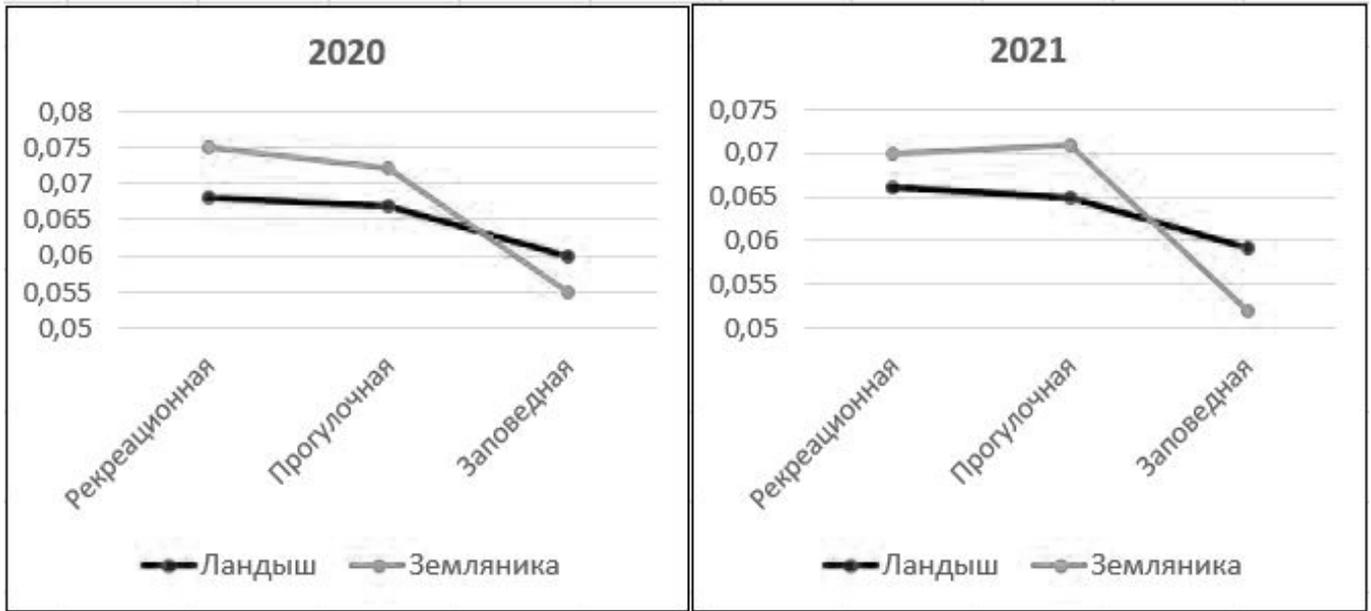


Рис. 7. Асимметрия листьев ландыша и земляники в различных функциональных зонах парка в 2020 и в 2021 годах

абсолютные значения содержания тяжелых металлов и мышьяка имеется четко выраженная территориальная дифференциация в содержании химических элементов в почве рекреационной, прогулочной и заповедной зон парка. Суммарный показатель загрязнения почв ТМ составил в рекреационной зоне 13,59; в прогулочной 7,81; в заповедной 1,65. При сравнении почв различных функциональных зон по содержанию ТМ не выявлено превышений ОДК (табл. 2, рис.3).

Результаты сравнительной оценки химического загрязнения почвы тяжелыми металлами представлены на рисунке 4.

Проведенные исследования свидетельствуют о том, что на территории ПП «Серебряный Бор» в целом по критерию остроты экологических ситуаций экологическую обстановку можно определить как удовлетворительную.

Рекреационное воздействие человека выражается в установлении редкой сети тропинок, в появлении среди травянистых растений некоторых светолюбивых видов, в начальной фазе разрушения травяного покрова.

Выбор в качестве растений-индикаторов ландыша майского (*Convallaria majalis*, L.) и земляники зеленой (*Fragaria viridis*, W.) обусловлен их распространенностью, наличием во всех трех функциональных зонах, оптимальной категорией редкости, с учетом которой не будет нанесен вред экосистемам ООПТ.

Как и при оценке состояния почв, содержание тяжелых металлов может быть использовано для оценки изменения условий существования растений [2].

В отличие от содержания ТМ в почве минимальное содержание их в листьях ландыша майского (земляника зеленая не подвергалась анализу) обнаружено в растениях рекреационной зоны, за исключением хрома, минимальное содержание которого, выявлено в заповедной зоне (рис. 5, 6).

Повышение содержания ТМ в листьях ландыша майского в заповедной зоне может быть в первую очередь связано с увеличением их подвижности в почве в связи с резким увеличением кислотности почвы в этой зоне (табл. 1).

Кроме того, в заповедной зоне отмечается повышенная влажность, что также способствует увеличению подвижности ТМ.

Анализ флуктуирующей асимметрии листьев ландыша майского и земляники зеленой, проведенный в 2020–2021 гг. показал, что асимметрия листьев коррелирует с антропогенной нагрузкой зоны, где произрастают растения. Она максимальна в рекреационной зоне, снижается в прогулочной и становится минимальной в заповедной зоне как для ландыша майского, так и для земляники зеленой. В 2020 году асимметрия в целом выше, что связано с погодными условиями в период исследований (за 2020 год выпало 575 мм осадков, в 2021 году — 481 мм). Результаты анализа представлены на рисунке 7.

Несмотря на то, что содержание ТМ в растениях ландыша майского в заповедной зоне несколько увеличилось, такие факторы как влажность, освещенность и агрохимические свойства почвы (рН) были более благоприятными в заповедной зоне, что оказало существенное воздействие на флуктуирующую асимметрию листьев.

В ходе исследования установлено, что содержание ТМ и металлоидов в почве памятника природы ниже установленных нормативов ПДК (ОДК). Однако, суммарный коэффициент содержания их в почве рекреационной зоны увеличивается по сравнению с почвой заповедной зоны более, чем в 8,2 раза (оставаясь при этом в допустимых пределах).

В верхнем слое изучаемых почв с увеличением рекреационного воздействия статистически значимо уменьшается кислотность на 40%, увеличивается содержание органического вещества на 50%, содержание подвижных форм фосфора и калия на 223% и 113% соответственно.

Таким образом, учитывая наметившуюся территориальную дифференциацию как в агрохимических показателях почв, так и в содержании тяжелых металлов, система мониторинга за состоянием окружающей среды парка должна включать как контроль за состоянием почв, так и за состоянием лесной растительности, в том числе с вовлечением в систему мониторинга редких растений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Водяницкий Ю.Н. Тяжелые и сверхтяжелые металлы и металлоиды в загрязненных почвах / Ю.Н. Водяницкий. — М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 2009. — 182 С.
2. Гладков Е.А. Тяжелые металлы как одни из основных загрязнителей почвенного покрова города Москвы // Auditorium. 2018. № 4 (20). [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tyazhelye-metally-kak-odni-iz-osnovnyh-zagryazniteley-pochvennogo-pokrova-goroda-moskvy> (дата обращения: 14.11.2022).
3. ГОСТ 17.4.1.02–83 Охрана природы. Почвы. Классификация химических веществ для контроля загрязнения. — М.: Стандартинформ, 2008
4. ГОСТ 17.4.4.02–84. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа — М.: Стандартинформ, 1984.
5. ГОСТ 28168–89 Почвы. Отбор проб. — М.: Издательство Стандартов, 1989.
6. ГОСТ 26213–91. Почвы. Методы определения органического вещества. — М.: Издательство Стандартов, 1991.
7. ГОСТ 54650–2011. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО. — М.: Издательство Стандартов, 2011.
8. ГОСТ 26483–85. Приготовление солевой вытяжки и определение ее рН по методу ЦИНАО. — М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1985.
9. Об особо охраняемых природных территориях: Федер. Закон [принят Гос. думой 14.03.1995] // Собрание законодательств РФ. 1995. № 12.
10. О комплексном развитии и системе управления территории «Серебряный Бор»: постановление Правительства Москвы от 19.09.1995 № 783.
11. Четвертый национальный доклад «Сохранение биоразнообразия в Российской Федерации». М.: Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации, 2009. 174 с.

© Лукьянчикова Анна Алимджановна (soroka612@yandex.ru),

Зубкова Валентина Михайловна (vmzubkova@yandex.ru), Гапоненко Альбина Вячеславовна (gaпоненко69@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»