

**XXVIII МЕЖДУНАРОДНЫЙ БИОС-ФОРУМ И
МОЛОДЕЖНАЯ БИОС-ОЛИМПИАДА 2023
Сборник материалов**

**XXVIII INTERNATIONAL BIOS -FORUM AND
YOUTH BIOS-OLYMPIAD 2023
Collection of materials**

**Типография «Любавич»
Санкт-Петербург
2023**

Сборник материалов XXVIII Международного Биос-форума и Молодежной Биос-олимпиады 2023 / ред. И.А. Шишкин И.В. Антонов, А.И. Кушнеров. – СПб.: СПбГУПТД, «Любавич». – 2023. – 442 с.

В настоящий сборник вошли материалы XXVIII Международного Биос-форума и Молодежной Биос-олимпиады 2023. Материалы сборника отражают инновационные результаты исследований и разработки в области охраны окружающей среды, устойчивого развития, био-культуры, «зеленой экономики», экологических оценок состояния окружающей среды, охраны флоры и фауны, медицинских и социальных аспектов экологии и человека. Ответственность за содержание и достоверность информации несут авторы.

Сборник материалов издан при поддержке Фонда президентских грантов, Высшей школы технологии и энергетики СПбГУПТД, АО «ГРУППА «ИЛИМ» и Межрегиональной общественной организации «Экологический клуб аспирантов, студентов и школьников Балтийско-Ладожского региона», а так же рекомендован для профессорско-преподавательского состава университетов, научных, исследовательских и общеобразовательных организаций, центров дополнительного образования, молодых ученых, аспирантов, студентов и школьников, а также всех тех, кто на практике реализует международное сотрудничество и государственную экологическую политику в области Евразийского сотрудничества по проблемам науки, образования и исследований био-о окружающей среды, техносферной безопасности и биоккультуры.

This collection includes the materials of the XXVIII International BIOS-forum, the Youth Bios-olympiad 2023. The materials of the collection reflect the innovative results of research and development in the field of environmental protection, sustainable development, bio-culture, "green economy", environmental assessments of the state of the environment, protection of flora and fauna, medical and social aspects of ecology and man. The authors are responsible for the content and accuracy of the information.

The collection of materials supported through a grant from the Presidential Grants Fund Higher school of technology and energy St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design, ILIM GROUP and Interregional public organization «Ecological club of post-graduates, students and schoolchildren of the Baltic-Ladoga region», as well as recommended for the teaching staff of universities, scientific, research and educational institutions, centers of additional education, young scientists, postgraduates, students and pupils and all those involved in the practical application of international cooperation state environmental policy of Eurasian cooperation on science, education and research of the bio-environment, technosphere safety and bioculture.

8. Управление ветеринарии Ленинградской области. / Оценка современного состояния Ладожского озера [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://veterinary.lenobl.ru/ru/news/31621/> – 20.04.2023.

ANALYSIS OF WATER TRANSPARENCY IN LAKE LADOGA BY METHOD OF REMOTE SENSING OF THE EARTH

S.V. Krugov, A.S. Smirnova

Saint Petersburg State university of Aerospace Instrumentation
190000, Russia, Saint Petersburg, Bolshaya Morskaya street. 67
e-mail: *krugovsv64@mail.ru

Abstract. *The article presents an analysis of existing methods for remote sensing of the Earth and offers recommendations for improving the environmental monitoring system using the example of assessing the state of Lake Ladoga using aerospace technologies. Recommendations for improving the environmental situation have been developed. Images from the Sentinel 2 and Landsat 8 spacecraft were selected for monitoring. Based on the monitoring results, a partial decrease in the transparency of the lake waters was revealed, associated with eutrophication.*

Keywords: *remote sensing of the earth, aerospace monitoring, Lake Ladoga, lake, satellite, Landsat, Sentinel.*

УДК 504.064.2, 504.064.3, 504.054

ГРНТИ 87.03.15, 87.03.17, 87.15.03, 87.15.91

АНАЛИЗ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ НА ОСНОВЕ ИНТЕГРАЛЬНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ

А.Р. Никулина, М.Г. Опекунова

Санкт-Петербургский государственный университет
199034, Россия, Санкт-Петербург, 10-линия В.О., д. 31-33

Аннотация. *В статье представлены результаты экологического мониторинга в Василеостровском, Пушкинском и Московском районах г. Санкт-Петербурга в 2009–2021 гг. Для комплексной оценки изменения состояния окружающей среды предложено использование интегрального показателя загрязнения LTP (Landscape Total Pollution) на основе функции желательности Харрингтона. Показано, что территория Московского района характеризуется средним уровнем загрязнения при высоком и чрезвычайно высоком уровне накопления металлов в коре *Populus balsamifera*. В Василеостровском районе фиксируется средний уровень загрязнения с локальными отклонениями вблизи автодорог. Парковые зоны Пушкинского района пригодны для использования в качестве условно-фоновой территории при экологическом мониторинге. LTP указывает на возрастание загрязнения вблизи автодорог и промышленных предприятий, индикаторами являются увеличение концентраций Cd, Cu, Pb и Zn в почвогрунтах и коре *Populus balsamifera* относительно фоновых, кларковых и нормативных значений, а также токсичность почвогрунтов.*

Ключевые слова: *биоиндикация, биотестирование, металлы, загрязнение, экологический мониторинг, функция желательности Харрингтона.*

В настоящее время биоиндикационные методы широко внедряются в практику экологических исследований. В крупных промышленных центрах эффективным является химический анализ растений и депонирующих сред (почвогрунт, снег) для выявления источников загрязнения и уровня антропогенной нагрузки. Среди преимуществ биоиндикационных методов – возможность обнаружения загрязнений от залповых выбросов, анализ долгосрочных изменений в экосистемах. Важной практической задачей является

систематизация накопленных данных, которая возможна с использованием различных индексов и показателей.

В 2009–2021 гг. проведены геоэкологические исследования на сети станций мониторинга (СМ) в Василеостровском, Пушкинском и Московском районах Санкт-Петербурга [1]. Валовое содержание химических элементов (ХЭ: Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Sb, Sc, Sr, V, Zn) с полным кислотным разложением проб почвогрунтов определено методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-МС) на приборе «ELAN-6100 DRC» в Центральной лаборатории ВСЕГЕИ им. А.П. Карпинского. Химический состав (содержание Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mn, Na, Ni, Pb, Sb, Sc, Sr, Ti, V, Zn) корки *Populus balsamifera* L., листьев *Tilia cordata* Mill. и *Betula pendula* Roth, моховых (*Sphagnum angustifolium* (С.Е.О. Jensen ex Russow) С.Е.О. Jensen) и лишайниковых (*Cladonia stellaris* (Opiz) Pouzar et Vězda) ловушек; концентрации подвижных форм ХЭ в почвогрунтах изучены в ресурсном центре СПбГУ «Методы анализа состава вещества» СПбГУ (аналитик В.Н. Григорьян). Вычислен интегральный показатель флуктуирующей асимметрии (ИПФА) для листьев липы и березы. Биотестирование почвогрунтов проведено на тест-объектах *Daphnia magna* Straus и *Chlorella vulgaris* Beijer. [2, 3] в учебной лаборатории физико-химического анализа СПбГУ.

Для оценки состояния окружающей среды рассчитан интегральный биоиндикационный показатель с использованием функции желательности Харрингтона [4], который учитывает степень превышения концентраций ХЭ в растениях по сравнению с кларками [5], в почвогрунтах по сравнению с нормативами [6], изменение ИПФА относительно нормы, равной 0,040 [7] и отклонения результатов биотестирования относительно нормы, равной 10% для дафний и 20% (по модулю) для хлореллы [2, 3]. Весовые коэффициенты приняты равными 1.

В результате исследований установлено, что почвогрунты Санкт-Петербурга характеризуются нейтральной реакцией со средним рН 7,46 (размах выборки 6,15–8,13). Большинство проб почвы характеризуются превышениями нормативов валового содержания Pb, Zn, Co, Cu. Характерной особенностью является возрастание подвижности элементов в городских условиях: Cd до 96%, Zn до 88%, Cu до 55%. Зольность корки тополя увеличивается с 5,5–8,3% в закрытых дворах и на площадках с зелёными насаждениями до 15,4% на открытых пространствах вдоль автомагистралей и в промышленной зоне.

Анализ химического состава корки *P. balsamifera* показал повсеместные превышения кларков [5] Cd, Co, Fe, Pb, Zn, что указывает на высокий уровень загрязнения. Вместе с тем концентрации ХЭ – индикаторов загрязнения атмосферного воздуха в городах – значительно отличаются в разных районах. Так, прослеживается увеличение концентраций ХЭ в корке тополя в несколько раз в ряду Пушкинский: Василеостровский: Московский районы – для Cd это соотношения 1,0 : 1,7 : 3,3; для Cu – 1,0 : 1,5 : 3,5; для Pb – 1,0 : 1,7 : 6,8.

Флуктуирующая асимметрия листьев *T. cordata* указывает на V уровень загрязнения (0,039–0,169) в Василеостровском районе и I (0,0002–0,031) – в Пушкинском. Вместе с тем концентрации ХЭ в листьях липы на большинстве СМ не превышают кларковых значений.

Наибольшая кратность увеличения концентраций ХЭ в моховых и лишайниковых ловушках характерна для СМ около крупных автодорог (Колпинское, Московское ш., ш. Подбельского) и на участках в частном секторе (ул. 2-я Краснофлотская). Интересно отметить, что Cd и Ni, являющиеся одними из основных поллютантов в городах, практически не аккумулировались мхами и лишайниками, кроме того Zn не накапливался сфагнумом, а Co – лишайником, что может свидетельствовать о необходимости использования иных биоиндикаторов (листья и корка древесных пород) для изучения накопления перечисленных металлов в окружающей среде.

Биотестирование свидетельствует о выраженной токсичности почвогрунтов в Московском районе и промышленной части Васильевского острова. Смертность дафний достигает 65% в Московском районе и 100% в Василеостровском, отклонения оптической плотности хлореллы – 57% и -70% соответственно. Вероятно, столь высокая токсичность

вызвана как высокими концентрациями ХЭ, так и значительным содержанием полиароматических углеводородов и нефтепродуктов в городских почвогрунтах. Ведущими факторами увеличения токсичности проб служат выбросы от автотранспорта и промышленных предприятий, а также подсыпка загрязненного грунта.

Согласно принятой шкале [4] территория Василеостровского и Пушкинского районов характеризуется низким уровнем загрязнения, Московского – средним (табл. 1). Из рассмотренных частных показателей наибольшей стабильностью и однородностью характеризуется химический состав почв. Токсичность почвогрунтов и химический состав корки *P. balsamifera* (особенно концентрации Ni, Cu, Cd, Pb, Zn; в меньшей степени Co и Ba) контрастно различаются на фоновых и контрольных СМ, в первую очередь за счет аэротехногенного поступления поллютантов. Изучение токсичности почвогрунтов и химического состава корки тополя можно рекомендовать для использования при экологическом мониторинге. Значения ИПФА характеризуются высокой разнородностью и низкой степенью сопоставимости с данными о химическом составе листьев ($r = -0,31-0,42$).

В Василеостровском районе наиболее высокий уровень загрязнения зафиксирован на ул. Беринга, 38; в Опочининском саду; парке «Василеостровец»; на пересечении Малого проспекта и 19 линии ВО. Морфологические показатели липы указывают на высокий уровень загрязнения на 11 линии, 36; пр. КИМа, 26; Средний пр.; 69. Основными источниками загрязнения являются автомобильный транспорт и Балтийский завод.

Таблица 1

Статистические значения интегрального показателя загрязнения *LTP*

Параметры	Василеостровский район	Пушкинский район	Московский район		
	2021	2021	2009	2015	2021
Валовое содержание ХЭ в почвогрунтах	<u>0,75</u> 0,63 – 0,84	<u>0,83</u> 0,69 – 0,88	н/д*	<u>0,79</u> 0,67 – 0,88	н/д
Подвижные формы ХЭ в почвогрунтах	<u>0,77</u> 0,46 – 0,90	н/д	<u>0,79</u> 0,49 – 0,97	н/д	<u>0,76</u> 0,49 – 0,86
Биотестирование почвогрунтов	<u>0,81</u> 0,48 – 0,95	н/д	н/д	<u>0,59</u> 0,31 – 0,75	<u>0,70</u> 0,43 – 0,94
Корка <i>Populus balsamifera</i> (РР _к)	<u>0,57</u> 0,39 – 0,75	<u>0,75</u> 0,75 – 0,75	<u>0,31</u> 0,02 – 0,62	<u>0,56</u> 0,24 – 0,78	<u>0,29</u> 0,02 – 0,44
Листья <i>Tilia cordata</i> (РР _{лл})	<u>0,87</u> 0,79 – 0,91	<u>0,88</u> 0,74 – 0,93	н/д	н/д	н/д
ИПФА листья <i>Tilia cordata</i> (РР _{ФАлл})	<u>0,66</u> 0,43 – 0,81	<u>0,94</u> 0,84 – 0,99	н/д	н/д	н/д
Листья <i>Betula pendula</i> (РР _{лб})	н/д	<u>0,84</u> 0,79 – 0,90	н/д	н/д	н/д
ИПФА листья <i>Betula pendula</i> (РР _{ФАлб})	н/д	<u>0,95</u> 0,87 – 1,0	н/д	н/д	н/д
Лишайник <i>Cladonia alpestris</i> (РР _л)	<u>0,86</u> 0,82 – 0,89	<u>0,85</u> 0,85 – 0,85	н/д	н/д	н/д
<i>LTP</i>	<u>0,75</u> 0,61 – 0,84	<u>0,83</u> 0,69 – 0,88	<u>0,47</u> 0,11 – 0,76	<u>0,63</u> 0,45 – 0,79	<u>0,52</u> 0,26 – 0,67

*н/д – данные отсутствуют

В Пушкинском районе наиболее загрязненные СМ расположены на Петербургском шоссе, 11; пересечении ул. Магазейной, 2 и ул. Школьной, 1. Помимо автотранспорта весомый вклад в загрязнение вносят несанкционированные свалки отходов, промышленные зоны «Шушары» и «Пушкинская (Восточная)». Соответствие концентраций ХЭ в компонентах среды фоновым и нормативным отмечено в Александровском парке. Экологическое состояние окружающей среды в Пушкинском районе характеризуется как благоприятное при относительно низком уровне загрязнения атмосферного воздуха.

В Московском районе наиболее высокий уровень загрязнения зафиксирован вдоль Пулковского и Московского шоссе, ЗСД, КАД, Московского и Витебского проспектов, железнодорожных путей, а также вблизи от АЗС, предприятий по металлообработке и производству строительных материалов, складских помещений промышленных предприятий. За период 2009–2021 гг. отмечается некоторое улучшение экологической обстановки на территории Московского района в связи с закрытием и переездом за город ряда промышленных предприятий. Вместе с тем сохраняется долговременное загрязнение компонентов окружающей среды Cd, Cu, Pb, Zn, усугубляемое возрастанием выбросов от автотранспорта.

Факторный анализ методом главных компонент указывает на возрастание антропогенной составляющей в формировании химического состава компонентов среды в ряду Пушкинский – Василеостровский – Московский районы. Так, валовое содержание ХЭ в почвогрунтах определяется аэротехногенным загрязнением на 26,0% – 39,1% – 53,0% в перечисленных районах соответственно; концентрации ХЭ в корке *P. balsamifera* на 71,0% – 74,5% – 94,4%.

Таким образом, можно рекомендовать парковые зоны Пушкинского района в качестве условно-фоновой территории при проведении экологического мониторинга. Наиболее сильно загрязнение атмосферного воздуха и, как следствие, компонентов окружающей среды, выражено в Московском районе и проявляется в увеличении концентраций ХЭ в почвогрунтах и растениях как относительно кларков и нормативов, так и относительно соответствующих компонентов среды в других районах города. Предложенный показатель *LTP* позволяет ранжировать СМ по уровню загрязнения и выявлять тенденции изменения экологической обстановки протяжении нескольких лет.

Работа выполнена при поддержке гранта СПбГУ 95439487, 2023.

Библиографический список:

1. Опекунова М.Г., Никулина А.Р., Смешко И.В., Кириченко В.С. Сравнительный анализ эффективности методов биоиндикации при мониторинговых исследованиях состояния окружающей среды в Санкт-Петербурге // Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле. – 2023. – Т. 68, №2. – С. 331–356. DOI: 10.21638/spbu07.2023.207
2. Токсикологические методы контроля. Методика измерений количества *Daphnia magna* Straus для определения токсичности питьевых, пресных природных и сточных вод, водных вытяжек из грунтов, почв, осадков сточных вод, отходов производства и потребления методом прямого счета. Федеральная служба по надзору в сфере природопользования, Москва, 2014. – 39 с.
3. Токсикологические методы контроля. Методика измерений оптической плотности культуры водоросли хлорелла (*Chlorella vulgaris* Beijer) для определения токсичности питьевых, пресных природных и сточных вод, водных вытяжек из грунтов, почв, осадков сточных вод, отходов производства и потребления. – Федеральная служба по надзору в сфере природопользования, Москва, 2014. – 38 с.
4. Опекунов А.Ю., Опекунова М.Г. Интегральная оценка загрязнения ландшафта с использованием функции желательности Харрингтона // Вестник Санкт-Петербургского университета. Геология. География. – 2014. – №4. – С. 101–113.
5. Добровольский В.В. Основы биогеохимии. – М.: Академия, 2003. – 400 с.

6. Санитарные правила и нормы САНПИН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». – Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора. Москва, 2021. – 990 с.
7. Захаров В.М., Баранов А.С., Борисов В.И., Валецкий А.В., Кряжева Н.Г., Чистякова Е.К., Чубинишвили А.Т. Здоровье среды: методика оценки. – М.: Центр экологической политики России, 2000. – 68 с.

RESEARCH OF THE ENVIRONMENTAL SITUATION IN ST. PETERSBURG BASED ON THE LANDSCAPE TOTAL POLLUTION INDICATOR

A.R. Nikulina*, M.G. Opekunova
Saint Petersburg State University
199034, Russia, St. Petersburg, 10 line, 31-33
E-mail: *anna.2001-nik@mail.ru

Abstract. *The article presents the results of environmental monitoring in Vasileostrovsky, Pushkinsky and Moskovsky districts of St. Petersburg in 2009-2021. For a comprehensive assessment of changes in the state of the environment, the use of an Landscape Total Pollution indicator – LTP – based on the Harrington desirability function is proposed. It is shown that the territory of the Moskovsky district is characterized by an average level of pollution with a high and extremely high level of accumulation of heavy metals in the bark of *Populus balsamifera*. In the Vasileostrovsky district, an average level of pollution with local deviations near highways is recorded. The park areas of the Pushkin district are suitable for use as a conditional background territory for environmental monitoring. LTP indicates an increase in pollution near highways and industrial enterprises, indicators are concentrations of Cd, Cu, Pb, Zn in soils and the crust of *Populus balsamifera*, as well as the toxicity of soils.*

Keywords: *bioindication, biotesting, heavy metals, pollution, environmental monitoring, harrington desirability function.*

УДК 551.50
ГРНТИ 37.21.03

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТЕОПАРАМЕТРОВ НА УЧАСТКЕ ДОЛИНЫ РЕКИ ХОПЁР

А.Р. Назаренко, Г.Чернов, В. Сапожков, С.И. Владимирова
МБУДО БЦВР БГО “Учебно-исследовательский экологический
центр им. Е.Н. Павловского”
397160 Воронежская область, г. Борисоглебск, ул. Павловского, д.85

Аннотация: *в статье представлены результаты по сравнительному анализу метеопараметров на участке долины реки Хопёр. Сбор и обработка материала проходила в июле 2023г. На территории Хопёрского государственного заповедника. В результате исследований были изучены метеопараметры. Основной вывод заключается в том, что в зависимости от проектного покрытия опорных площадок зависят суточные температурные колебания. Результаты и выводы полученные в процессе исследования, могут использоваться в области локальных метеорологических наблюдений*

Ключевые слова: *метеопараметры, антропогенная нагрузка, рекогносцировка, опорные площадки.*

Материалом для исследования послужили метеопараметры, зафиксированные на участке долины реки Хопёр на территории Хоперского государственного заповедника.

Сбор, изучение и обработка полевого материала осуществлялись в июле 2023 года.