



РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМ. А.И. ГЕРЦЕНА
ФАКУЛЬТЕТ ГЕОГРАФИИ

HERZEN STATE PEDAGOGICAL UNIVERSITY OF RUSSIA
FACULTY OF GEOGRAPHY

LXXV Герценовские чтения

География: развитие науки и образования

Международная научно-практическая конференция
20–23 апреля 2022 года (к 225-летию Герценовского университета)

Сборник научных статей

II

LXXV Herzen readings

Geography: Development of Science and Education

International scientific and practical conference on April 20–23, 2022
(to the 225th anniversary of Herzen University)

Collection of articles

Санкт-Петербург
Издательство РГПУ им. А. И. Герцена
2022

Редакционная коллегия:

*Д. А. Субетто (отв. ред.), А. Н. Паранина (отв. ред.), Д. А. Гдалин, Ю. Н. Гладкий,
С. В. Ильинский, В. Ф. Куликов, С. И. Махов, Л. Г. Мачавариани, В. Г. Мосин, Е. М. Нестеров,
Л. А. Пестрякова, В. Д. Сухоруков*

LXXV Герценовские чтения. География: развитие науки и образования. Международная научно-практическая конференция 20–23 апреля 2022 года (к 225-летию Герценовского университета): сборник научных статей в 2 т. Т. II / отв. ред. Д. А. Субетто, А. Н. Паранина. — Санкт-Петербург: Изд-во РГПУ им. А. И. Герцена, 2022. — 416 с.

LXXV Gertsenovskiy readings. Geography: development of science and education. Intern. scientific and practical conference on April 20–23, 2022 (to the 225th anniversary of Herzen University): collection of scientific articles in 2 vol. Part II / by ed. D. A. Subetto, A. N. Paranina. — St. Petersburg: Publ. house of Herzen State Pedagogical University of Russia, 2022. — 416 p.

Сборник статей «География: развитие науки и образования» отражает результаты работы научно-практической конференции 75 Герценовские чтения 20-23 апреля 2022 года, посвященной памяти чл.-корр. РАН Валериана Афанасьевича Снытко (18.01.1939-02.12.2021), 350-летию со дня рождения Петра Великого, 90-летию факультета географии и другим юбилейным датам.

Материалы сгруппированы в два тома. Том I включает главы: 1. Учитель географии и развитие общества, 2. Физическая география: направления, методы и междисциплинарные исследования, 3. Полярные исследования и пути освоения Арктики и Антарктики, 4. Современные проблемы теоретической и прикладной лимнологии и гидрологии, 5. Эволюционная география, ритмика процессов и явлений. Том II включает главы: 1. Геоэкология, природопользование и охрана окружающей среды, 2. Социально-экономические системы и географические аспекты глобализации, 3. Развитие географического образования, 4. Регионоведение, краеведение, туризм, природное и культурное наследие.

Материалы публикуются в авторской редакции

ДИНАМИКА ИЗМЕНЕНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА РАСТЕНИЙ СЕВЕРА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ ПОД ВЛИЯНИЕМ ПОЛИГОНОВ ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ

С.Ю. Кукушкин, Д.Д. Лутовинова, М.Г. Опекунова, А.Ю. Опекунов
СПбГУ, г. Санкт-Петербург, *dasha.lutovinova@mail.ru, s.kukushkin@spbu.ru,*
m.opekunova@mail.ru, a_opekunov@mail.ru

DYNAMICS CHANGES IN THE CHEMICAL COMPOSITION OF PLANTS SPECIES IN THE NORTH OF WESTERN SIBERIA UNDER THE INFLUENCE OF LANDFILLS

S.Yu. Kukushkin, D.D. Lutovinova, M.G. Opekunova, A.Yu Opekunov
St. Petersburg State University, St. Petersburg

Аннотация. На основе проводимых исследований в 2018-2021 гг. дана оценка изменения химического состава растений в районе воздействия полигонов твердых коммунальных отходов на севере Западной Сибири (ЯНАО). В ходе обследования было определено содержание металлов (Mn, Zn, Cu, Ni, Co, Pb, Cd, Cr, V, Sr, Zr, Al, Ba, Fe, Sc, Na, K, Ca) в характерных для тундры индикаторных видах растений *Cladonia alpestris* и *Ledum decumbens*, а также рассмотрены особенности аккумуляции химических элементов в растениях на фоновых территориях и участках, подвергающихся техногенному воздействию.

Ключевые слова: отходы, растения, тяжелые металлы, загрязнение, север Западной Сибири.

Введение

Интенсивное освоение Ямало-Ненецкого автономного округа (ЯНАО) в связи с активной разработкой нефтегазовых месторождений, ростом площадей населенных пунктов, увеличением количества жителей за последние десятилетия привело к образованию значительных объемов отходов производства и потребления [3]. Вследствие этого уязвимая к антропогенному воздействию территория севера Западной Сибири подвергается многостороннему загрязнению [4]. Суровые климатические условия, высокая степень обводненности, низкая скорость восстановления растительных сообществ и другие особенности исследуемой территории способствуют снижению скорости биогеохимических процессов. Помимо природно-климатических особенностей на природу северных регионов влияет повышение средней температуры Земли. Потепление приводит к оттайке многолетнемерзлых пород, характерных для исследуемого региона, что может способствовать изменению потоков миграции химических веществ [5].

За 2020 г. на территории ЯНАО количество образовавшихся твердых коммунальных отходов (ТКО) составило 210 750 т [1]. На жилищно-коммунальное хозяйство приходится 10,3% от всех отходов в регионе [1, 3].

Растения способны аккумулировать различные элементы в зависимости от условий окружающей среды, а также физиологических особенностей [2]. Всестороннее воздействие сопровождается изменением химического состава растений. Уровень содержания элементов зависит от вида растения, нарушенности ландшафтов, а также антропогенных факторов [4].

Уровень загрязнения компонентов природной среды северных регионов можно определить по реакции растений на техногенное воздействие. Поэтому целью проведенного исследования является оценка динамики изменения химического состава индикаторных видов растений в зоне влияния полигонов ТКО в условиях природно-климатических особенностей северных регионов.

Регион исследований, объекты и методы

В период с 2018-го по 2021 гг. был проведен экологический мониторинг в районе воздействия полигона ТКО, расположенных в г. Новый Уренгой и п. Коротчаево.

Для проведения исследования использовался геоэкологический подход, включающий в себя геоботанические, картографо-геоинформационные, ландшафтно-геохимические, химико-аналитические, математические методы.

Проведение полевых исследований и отбор проб осуществлялись в зависимости от естественных природных условий изучаемой территории. Основой выбора точек наблюдения являлось ландшафтное строение территории, размещение источников загрязнения, а также особенности атмосферного переноса района исследований.

В ходе исследования произведен отбор проб индикаторных видов растений (багульник *Ledum decumbens* (Ait.) Lodd.ex Steud, лишайник *Cladonia alpestris* (L.) Rubh.) для выявления особенностей накопления загрязняющих веществ.

Определение содержания в растениях химических элементов (Ba, Mn, Zn, Cu, Ni, Co, Pb, Cd, Cr, V, Sr, Zr, Hg, Ba, Fe, Sc, Na, K, Ca, Al) проводилось методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ICP-MS) на приборе «ELAN-6100 DRC» при полном кислотном разложении образцов.

При камеральной обработке материалов применены методы описательной статистики, статистический анализ. Региональный геохимический фон растений [5] послужил базой для сравнения полученных данных.

Обсуждение результатов

Техногенное воздействие на растительный покров проявляется в аккумуляции металлов в растениях, а также увеличении зольности [5]. Наиболее чувствительными к повышению уровня содержания загрязняющих веществ в тундровых природно-территориальных комплексах (ПТК) являются лишайник *Cladonia alpestris* и багульник *Ledum decumbens* [4, 5]. Изученные виды растений характеризуются индивидуальными биогеохимическими особенностями, которые обуславливают накопление в них различных химических элементов в условиях антропогенного загрязнения [5].

В период с 2018 по 2021 гг. существенных различий концентраций химических элементов как в багульнике, так и в лишайнике не наблюдается. Однако в 2021 г. отмечено снижение содержания всех изученных элементов, за исключением Co, в *Cladonia alpestris* и *Ledum decumbens* (табл. 1, 2). Концентрация металлов существенно превышает региональный геохимический фон для тунд-

ровой и лесотундровой зоны [5]. Стоит отметить, что общее содержание минеральной части (зольность) растений в течение годов изменяется незначительно.

Таблица 1. Среднее содержание металлов в индикаторных видах растений на полигоне ТКО г. Новый Уренгой, мг/кг сухого вещества

	Ba	Mn	Zn	Cu	Ni	Co	Pb	Cd	Cr	Fe	V
багульник <i>Ledum decumbens</i>											
2018	133	716	24	3,5	1,1	0,10	1,0	0,011	0,41	140	0,5
2019	274	847	33	5,8	2,0	0,33	2,0	0,015	1,68	425	1,4
2020	681	1395	47	7,3	3,2	н/д	3,7	0,043	6,81	735	2,5
2021	169	1079	29	4,0	1,5	0,80	0,8	0,012	0,98	170	0,5
Фон [5]	85	1100	21	3,8	1,7	0,16	0,7	0,050	1,01	91	0,6
лишайник <i>Cladonia alpestris</i>											
2018	58	36	16	2,7	0,7	0,19	2,5	0,037	1,32	324	1,5
2019	134	74	35	6,6	1,9	0,49	4,4	0,048	3,96	1059	3,8
2020	345	71	28	5,8	2,3	н/д	5,3	0,051	5,19	1155	4,3
2021	127	79	21	3,0	1,0	0,28	2,5	0,030	1,69	425	1,5
Фон [5]	16	87	14	2,3	2,1	0,63	1,7	0,050	2,94	410	1,5

Таблица 2. Среднее содержание металлов в индикаторных видах растений на полигоне ТКО п. Коротчаево, мг/кг сухого вещества

	Ba	Mn	Zn	Cu	Ni	Co	Pb	Cd	Cr	Fe	V
багульник <i>Ledum decumbens</i>											
2018	119	346	22	3,6	1,0	0,09	0,7	0,011	0,70	112	0,3
2019	131	448	21	3,8	1,3	0,16	0,5	0,011	1,06	166	0,4
2020	244	734	45	7,0	3,4	0,57	1,8	0,041	5,45	611	2,6
2021	141	609	28	5,0	1,6	0,63	0,4	0,011	0,79	197	0,5
Фон [5]	85	1100	21	3,8	1,7	0,16	0,7	0,050	1,01	91	0,6
лишайник <i>Cladonia alpestris</i>											
2018	63	36	19	3,4	1,4	0,21	2,3	0,061	2,33	379	1,4
2019	102	37	19	4,3	1,7	0,28	2,0	0,053	2,68	577	1,6
2020	51	78	19	4,6	2,3	н/д	1,9	0,056	3,48	735	н/д

2021	70	43	22	4,3	1,6	0,34	2,4	0,049	2,32	622	1,9
Фон [5]	16	87	14	2,3	2,1	0,63	1,7	0,050	2,94	410	1,5

Cladonia alpestris и *Ledum decumbens* характеризуются разной степенью накопления металлов. В условиях антропогенного воздействия на территорию полигона ТКО в г. Новый Уренгой в багульнике и лишайнике наблюдается уменьшение содержания всех изученных химических элементов, за исключением Со.

Отмечается значительное превышение фоновых значений [5] для Ва, Fe в лишайнике и багульнике, что, вероятно, связано с аэротехногенным поступлением металлов, вследствие пыления при движении транспорта в районе размещения полигона, а также погрузочно-разгрузочных работах. Концентрация Zn, Cu, Со, Pb, Cr, V незначительно выше уровня регионального геохимического фона [5].

В районе воздействия свалки ТКО в п. Коротчаево в лишайнике наблюдается увеличение содержания Ва, Zn, Со, Pb, V. Рост концентрации перечисленных элементов обусловлен выносом минеральных частиц за пределы свалки и осаждением металлов на поверхность растений. Стоит отметить превышение содержания Ва, Zn, Cu, Со, Pb, Fe, V относительно регионального фона [5].

Выводы

Индикаторные виды растений чутко реагируют на изменение условий окружающей среды. При антропогенном воздействии на естественные ПТК в растениях наблюдается увеличение концентрации металлов, а также возрастание зольности.

Анализ изменения химического состава растений в районе воздействия полигонов ТКО на территории г. Новый Уренгой и п. Коротчаево (ЯНАО) позволяет сделать следующие выводы.

Сравнение химического состава проб растений, отобранных в различные года, со значениями регионального фона свидетельствует о незначительных изменениях в уровне содержания металлов. Так, например, в 2021 г. отмечено снижение концентрации большинства изученных микроэлементов.

Стоит отметить, что содержание металлов в багульнике и лишайнике превышает региональный геохимический фон [5]. В течение проведенных исследований в районе полигона и свалки ТКО для багульника характерно повышенное содержание Ва, Zn, Cu, Fe, в то время как для лишайника — Ва, Zn, Cu, Pb, Fe.

Содержание металлов в растениях меняется в зависимости от комплекса природных и антропогенных факторов. Основное влияние на аккумуляцию металлов растениями оказывает аэротехногенное поступление веществ вследствие пыления при движении транспорта на территории полигона, а также погрузочно-разгрузочных работах. Помимо этого, увеличение содержания химических

элементов в растениях может быть связано с ростом техногенной нагрузки на исследуемых объектах.

Благодарности

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 19-29-05081

Литература

[1] Приказ департамента тарифной политики, энергетики и жилищно-коммунального комплекса Ямало-Ненецкого автономного округа N 60-ОД от 16.06.2021 «О внесении изменений в Территориальную схему обращения с отходами на территории Ямало-Ненецкого автономного округа на период 2016-2025 годов».

[2] Опекунова М.Г. Диагностика техногенной трансформации ландшафтов на основе биоиндикации (автореферат диссертации). СПб.: Изд-во СПбГУ; 2013.

[3] Пыстина Н.Б., Попадько Н.В., Будников Б.О. Перспективные направления обращения с отходами в районах Крайнего Севера на основе наилучших доступных технологий // Научный вестник ЯНАО. - 2017. - №3. – С. 21-26.

[4] Опекунова М.Г., Опекунов А. Ю., Кукушкин С. Ю., Арестова И. Ю. Влияние природных и антропогенных факторов на химический состав растений севера Западной Сибири // Биогеохимия – научная основа устойчивого развития и сохранения здоровья человека – Тула, 2019. – С. 196-200.

[5] Опекунова М.Г., Опекунов А., Кукушкин С. Ю., Арестова И. Ю. Оценка трансформации природной среды в районах разработки углеводородного сырья на севере Западной Сибири // Сибирский экологический журнал. - 2018. - № 25(1). - С. 122-138.

S u m m a r y. The paper is directed to the changes in the chemical composition of plants in the area of development of landfills in the north of Western Siberia. The content of metals (Mn, Zn, Cu, Ni, Co, Pb, Cd, Cr, V, Sr, Zr, Al, Ba, Fe, Sc, Na, K, Ca) was determined in indicator species plants *Cladonia alpestris* and *Ledum decumbens*. The features of the accumulation of chemical elements in plants in background areas and areas subjected to technogenic impact are considered.