

[2] Опекунова М.Г., Арестова И.Ю., Елсукова Е.Ю. Методы физико-химического анализа почв и растений: Методические указания. – СПб.: Изд-во С.-Петербург. ун-та, 2002. 70 с.

[3] Даувальтер В. А., Кашулин Н. А. Влияние деятельности горно-металлургических предприятий на химический состав донных отложений озера Имандра, Мурманская область //Биосфера. – 2015. – Т. 7. – №. 3. – С. 295-314.

[4] Даувальтер В. А., Кашулин Н. А. Долговременные изменения химического состава донных отложений озера Имандра в зоне влияния стоков Кольской атомной электростанции //Труды Кольского научного центра РАН. – 2013. – №. 3 (16). – С. 6-35.

[5] Даувальтер В. А. Оценка токсичности металлов, накопленных в донных отложениях озер //Водные ресурсы. – 2000. – Т. 27. – №. 4. – С. 469-476.

УДК 504.064.36

**ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В СИСТЕМЕ
ПОЧВОГРУНТЫ-ДОННЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА
«СЕБЕЖСКИЙ»**

**REGULARITIES OF THE DISTRIBUTION OF HEAVY METALS IN THE SOIL-
BOTTOM SEDIMENTS SYSTEM OF THE NATIONAL PARK «SEBEZHISKY»**

*Барабаш Ксения Витальевна¹, Белая Наталия Андреевна², Богданов Тимофей Валерьевич³,
Горбунова Анастасия Вячеславовна⁴, Питлев Роман Андреевич⁵, Понамарчук Татьяна
Васильевна⁶, Хохряков Владимир Рафаэлевич⁷*

*Barabash Ksenia Vitalievna, Belaya Nataliya Andreevna, Bogdanov Timofey Valerievich,
Gorbunova Anastasia Vyacheslavovna, Pitlev Roman Andreevich, Ponamarchuk Tatiana Vasilevna,
Khokhryakov Vladimir Rafaelevich*

г. Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский государственный университет¹²³⁴⁵⁶

Saint-Petersburg, Saint-Petersburg State University¹²³⁴⁵⁶

ФГБУ Национальный парк «Себежский»⁷

FSBI Sebezhsy National Park⁷

*st106197@student.spbu.ru¹, st085092@student.spbu.ru², st076100@student.spbu.ru³,
st085272@student.spbu.ru⁴, st075765@student.spbu.ru⁵, st087950@student.spbu.ru⁶,*

khokhryakovy@yandex.ru⁷

*Научный руководитель: к.г.-м.н. Зеленковский Павел Сергеевич
Research advisor: PhD Zelenkovskiy Pavel Sergeevich*

Аннотация: Оценка состояния депонирующих сред – важнейший компонент комплексного экологического мониторинга. Несмотря на статус Национального парка, территория исследования подвержена антропогенному воздействию. В рамках данного исследования были проанализированы результаты полевых работ за 2022 год. Отобраны пробы донных отложений и почвогрунтов. Сделаны выводы о текущем эколого-геохимическом состоянии системы почвогрунты-донные отложения системы озер национального парка «Себежский».

Abstract: Assessment of the condition of depositing environment is the most important component of integrated environmental monitoring. Despite the status of a National Park, the research area is subject to anthropogenic impact. As part of this work, samples of bottom sediments and soil were analyzed, which were collected for the winter and summer period of 2022. As a result, we have conclusions about the current state of the soil-bottom sediment system of the lakes of the Sebezhsy National Park.

Ключевые слова: почвогрунты, донные осадки, особо охраняемые природные территории, тяжелые металлы

Key words: soils, bottom sediments, specially protected natural areas, heavy metals

С 2022 года в рамках работ по комплексному экологическому мониторингу на территории национального парка «Себежский» проводится изучение состояния отдельных компонентов среды, таких как донные отложения и почвогрунты. В данной работе «почвогрунты» были определены как почвы, которые были преобразованы в результате человеческой деятельности. На территории парка располагается город Себеж, который является одним из наиболее значимых источников воздействия на природные системы. Один из ключевых показателей такого воздействия – тяжелые металлы, которые имеют тенденцию к накоплению в депонирующих средах. Именно они являются важнейшим индикатором антропогенного воздействия на окружающую среду. Для оценки закономерностей распределения тяжелых металлов в почвогрунтах и донных отложениях был произведен отбор проб.

Территория национального парка в силу его нахождения вблизи города Себеж, а также наличия предприятий хозяйственной деятельности испытывает антропогенную нагрузку. В донных отложениях и почвогрунтах могут аккумулироваться различные поллютанты [2]. Изучение этих сред и миграции между ними позволяет получить интегральную оценку состояния территории национального парка, его системы озер и их водосборной площади [5].

Национальный парк «Себежский» – особо охраняемая природная территория федерального значения (ООПТ), занимающая площадь более 500 квадратных километров (51081 гектар) [7, 8]. Его территория расположена в пределах Себежской возвышенности. Рельеф сформировался в результате эрозионной деятельности ледников (в основном Валдайское оледенение). Речная сеть густая, по режиму с преобладанием снегового питания. Несколько озер (Себежское, Ороно, Вятитерьво, Глыбочно, Белое, Озерявы и Нечерица) представляют собой единую систему водоемов.

В зимний и летний периоды 2022 года были отобраны пробы донных отложений на территории озер Себежское, Ороно, Вятитерьво, Белое [6]. Для уточнения источников поступления и характера миграции тяжелых металлов в систему озер в период лета 2022 года были отобраны пробы почвогрунтов. Пробоотбор производился с водосборной площади озер, близ населенных пунктов как предполагаемых источников воздействия. Предполагается, что подобная компоновка сети пробоотбора позволит установить зависимость между содержанием тяжелых металлов в почвогрунтах и их накоплением в донных отложениях.

Пробы нестратифицированных донных осадков отбирались с различных глубин при помощи бентосного дночерпателя Ван-Вина. Пробы отбирались по сети 500*500 м в полиэтиленовые мешочки с этикеткой номера пробы. Сеть пробоотбора размещалась таким образом, чтобы максимально охватить площадь озера [4, 5].

Пробы обработаны и проанализированы по Pb, Zn, Cu, Ni и Cr на рентгенофлуоресцентном анализаторе AP-104 [3]. Всего отобрано 70 проб в летний период и 46 в зимний в соответствии с ГОСТ 17.1.5.01-80.

Отбор проб почвогрунтов производился по методу «конверта» из поверхностного горизонта с глубины 0-0,2 м. Пробы отбирались преимущественно через 500 метров друг от друга. Всего было отобрано 113 проб, все работы производились в соответствии с ГОСТ 17.4.3.01-83 «Общие требования к отбору проб» [1]. Все отобранные пробы были доставлены в лабораторию пробподготовки и пробобработки СПбГУ, где были высушены до воздушно-пылеватого состояния и измельчены до фракции обломков 0,1 мм и менее. Подготовленные пробы были проанализированы аналогичным с донными отложениями методом.

Общие закономерности распределения всех исследуемых ТМ были описаны при помощи интегральной оценки. Для этого был введен и рассчитан суммарный показатель превышения фонового содержания элементов (Cu, Cr, Zn, Pb, Ni) в поверхностных пробах

донных отложений - *Zex*. Данный показатель аналогичен по своему смыслу коэффициенту суммарного загрязнения почв и дает информацию об отношении содержания в точке к фоновым значениям. При этом, для получения более контрастных результатов, учитывались все значения отношения к фону, в том числе и меньше единицы. Если значения меньше 1, то в данной точке наблюдения влияние антропогенного фактора не наблюдалось. Все значения выше 1 свидетельствуют об обратном. Рассчитывается по формуле, аналогичной формуле Саета [3, 4]. В качестве фона для расчетов была принята медиана значений для грунтов и почв соответственно.

Рассмотрим распределение показателя *Zex* для почвогрунтов. При дальнейшем анализе стоит учесть, что территория в целом не загрязненная. Для исследованной территории в целом характерны значения в промежутке -2 - 0.

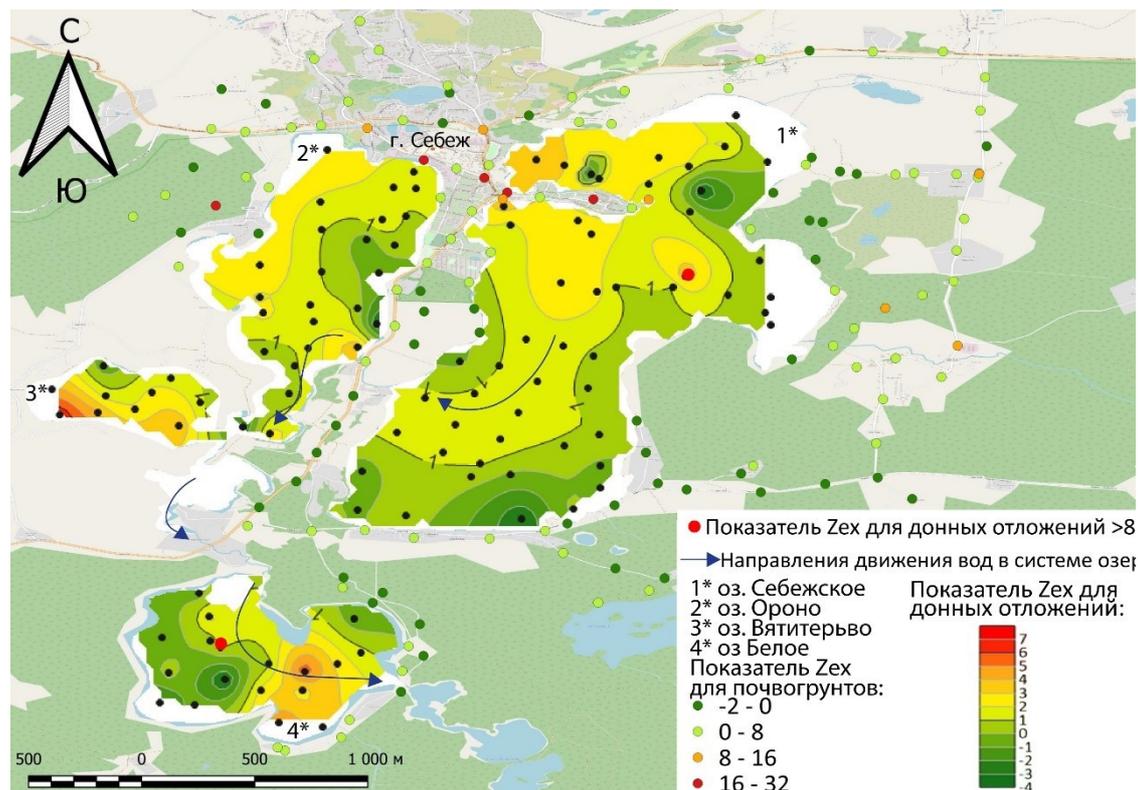


Рисунок 1. Картограмма распределения показателя превышения фона для поверхностного слоя донных отложений озер Себежское, Ороно, Белое, Вятитер'во и почвогрунтов, составлено автором

Значения показателя *Zex* 0-8 в основном встречаются у шоссе и поселков. Например, участок Зеленого квартала (зона экологических троп) полностью охарактеризован значениями -2-0. При этом, он окружен значениями 0-8 на прилегающих территориях. Шоссе, ведущее от города Себеж на юг, также характеризуется плавным убыванием значений показателя *Zex*. Значения 8-16 характерны для города Себеж, деревни Прасни и Горбуны. Для аналогичного показателя *Zs* для почв такие значения являются допустимыми в соответствии с СанПин 4266-87.

Однако, в точках, близких к городу Себеж и деревне Илово, присутствуют значения в промежутке 16-32, которые относятся к умеренно-опасным. Превышения показателя на территории города Себеж обусловлены значением хрома (129 ppm) и цинка (206-261 ppm). В деревне Илово превышение обуславливает наличие в пробе концентрации цинка (328 ppm).

На северо-западе озер Себежское и Ороно располагаются зоны с повышенным значением показателя *Zex* относительно распространения на общей площади озер. Эти зоны находятся близ точек с умеренно-опасным уровнем загрязнения для почвогрунтов. На озере Себежское высокие значения обусловлены повышенными относительно медианы

концентрациями цинка (172-185 ppm) и свинца (87-110 ppm). Для озера Ороно такие значения показателя *Zex* обусловлены высокими значениями хрома (125-202 ppm). Из почвогрунтов тяжелые металлы мигрируют с поверхностным смывом в водоемы. Именно поэтому в данном районе были зафиксированы повышения их концентраций в донных отложениях.

Дополнительным фактором распространения тяжелых металлов в донных отложениях может выступать не только близость населенных пунктов, но и естественное движение вод по системе озер (рисунок 1).

Для анализа данных были построены гистограммы распределения значений.

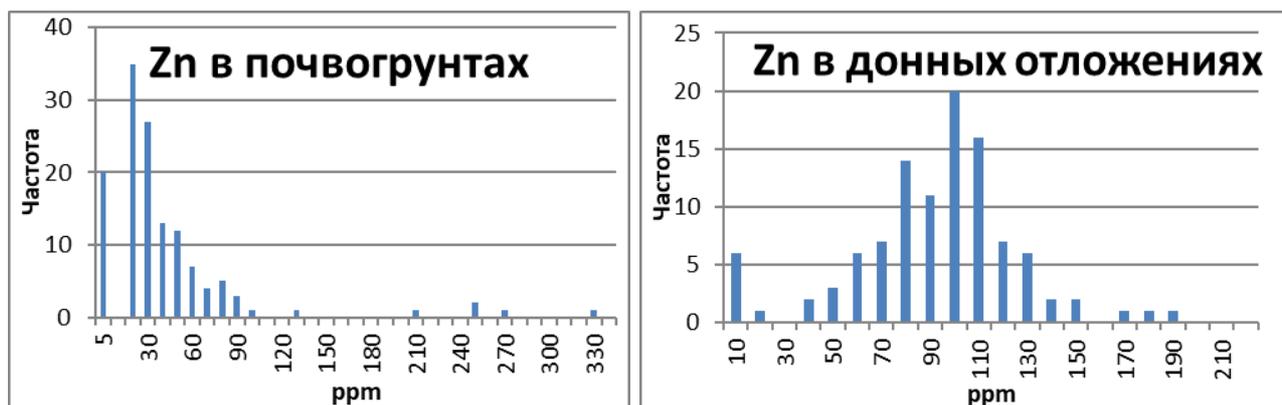


Рисунок 2. Гистограмма распределения значений концентраций цинка в почвогрунтах(слева) и донных отложениях (справа), составлено автором

Распределение значений для цинка в почвогрунтах можно охарактеризовать, как логнормальное, что характерно для природных обстановок (рисунок 2). Медиана выделяется на значении 26 ppm. Также, на рисунке присутствуют выбросы со значениями 120 ppm и более, что можно интерпретировать, как антропогенное влияние. Для донных отложений распределение значений можно охарактеризовать как нормальное [2]. Это может быть связано с наличием нескольких значимых факторов, от которых зависят условия миграции и накопления элементов. Отличие между гистограммами в данном случае связано с различными накопительными условиями. Для других металлов, в том числе хрома, закономерности схожи.

1. В целом содержание тяжелых металлов в донных отложениях и почвогрунтах невысокое, за исключением некоторых точек.

2. Точки с повышенными концентрациями хрома, цинка и реже свинца имеют единичный характер. Предположительно, в почвогрунтах высокие концентрации связаны с влиянием населенных пунктов, в меньшей степени шоссе. Для донных отложений они также связаны с влиянием населенных пунктов, смывом с территории водосборной площади. Помимо этого, такое распределение можно связать с естественным движением вод.

3. Распределение значений концентраций Zn и Cr, как по почвогрунтам, так и по донным отложениям, имеют природный характер. Однако для почвогрунтов распределение характеризуется как логнормальное, тогда как для донных отложений – нормальное. Следовательно, в почвогрунтах и донных отложениях в силу разности накопительных условий тяжелые металлы аккумулируются по-разному.

Список литературы:

[1] ГОСТ 17.1.5.01-80 «Общие требования к отбору проб донных отложений водных объектов для анализа на загрязненность» [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200012787> (дата обращения: 01.02.2023)

[2] Гузева А.В., Попова Е.А., Зеленковский П.С. [и др.]. Эколого-геохимический мониторинг состояния оз. Сапшо и пос. Пржевальское (Национальный парк "Смоленское Поозерье"): методика // Актуальные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северо-

Запада России : Материалы XXVII молодёжной научной школы-конференции, посвященной памяти члена-корреспондента АН СССР К.О. Кратца и академика РАН Ф.П. Митрофанова, Апатиты, 03–07 октября 2016 года. – Апатиты: Кольский научный центр Российской академии наук, 2016. – С. 197-201.

[3] Иванюкович Г.А., Зеленковский П.С., Дуброва С.В. Статистический анализ загрязнения территории при экогеологическом картографировании // Экология и промышленность России. – 2016. – Т. 20, № 1. – С. 37-41.

[4] Коннонова Л.А., Подлипский И.И., Зеленковский П.С., Хохряков В.Р. Рассчёт коэффициента суммарного загрязнения в почвах и донных отложениях рекреационной зоны национального парка "Смоленское Поозерье" // В сборнике: Экологические проблемы недропользования. Материалы Шестнадцатой международной молодежной научной конференции. Институт наук о Земле Санкт-Петербургского государственного университета; Геологический факультет Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова. 2016. – С. 260-262.

[5] Подлипский И.И., Зеленковский П.С., Кононова Л.М., Хохряков В.Р. // Эколого-геохимическая оценка состояния компонентов природной среды особо охраняемых природных территорий на примере национального парка "Смоленское Поозерье" // Экологические проблемы недропользования : Материалы семнадцатой международной молодежной научной конференции, Санкт-Петербург, 29–30 мая 2017 года / Оргкомитет конференции: Чистяков К.В., Куриленко В.В., Трофимов В.Т., Изосимова О.С., Беляев. А.М., Подлипский И.И., Зеленковский П.С. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет, 2017. – С. 59-67.

[6] Подлипский, И. И., Зеленковский П.С. Методика проведения эколого-геологической оценки состояния донных отложений озера Сапшо (национальный парк "Смоленское Поозерье") // Школа экологической геологии и рационального недропользования - 2015 : Материалы пятнадцатой межвузовской молодежной научной конференции, Санкт-Петербург, 01–04 июня 2015 года. – Санкт-Петербург: Издательство Санкт-Петербургского государственного университета, 2015. – С. 52-57.

[7] Комитет по природным ресурсам и экологии Псковской области [Электронный ресурс]. URL: <https://priroda.pskov.ru/nacionalnyy-park-sebezhskiy> (дата обращения 13.02.2022)

[8] Себежский национальный парк [Электронный ресурс]. URL: <https://sebpark.ru/about/> (дата обращения: 13.02.2022)

УДК 502.5

ДИНАМИКА АНТРОПОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ РЕК КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА

DYNAMICS OF ANTHROPOGENIC POLLUTION OF RIVERS OF THE KOLA PENINSULA

Берестенко Олег Максимович
г. Санкт-Петербург, Ленинградский государственный университет им. А.С. Пушкина
Saint-Petersburg, Leningrad State University named after A.S. Pushkin
berestenkooleg@gmail.com

Научный руководитель: к.т.н. Орлова Елена Викторовна
Research advisor: PhD Orlova Elena Viktorovna

Аннотация: В статье анализируется изменение качества воды рек Кольского полуострова под влиянием жизнедеятельности человека с 2012 по 2020 годы.