

Оценка химического загрязнения почв города Северо-Курильск (остров Парамушир) в 2024 г.

Климова А.В.^{1,2}, Мартыненко Д.О.^{1,3}, Позолотина Л.А.³, Ильюшенко Н.А.¹, Сергеева А.В.³

Assessment of chemical pollution of soils in Severo-Kurilsk (Paramushir Island) in 2024

Klimova A.V., Martynenko D.O., Pozolotina L.A., Ilyushenko N.A., Sergeeva A.V.

¹ Камчатский государственный технический университет, г. Петропавловск-Камчатский;

e-mail: annaklimovae@mail.ru

² Камчатский филиал Тихоокеанского института географии ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский

³ Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский

Приведены данные по содержанию металлов в почвах г. Северо-Курильска, собранных в 2024 г. Комплексная оценка состояния почв по геохимическим методам выявила средний уровень загрязнения для большинства исследованных станций, однако применение токсикологических методов определило только две из них как представляющих экологический риск.

Введение

Город Северо-Курильск (остров Парамушир, Курильские острова) расположен в 7 км от активного влк. Эбеко (рис. 1а-г). Только за период с ноября 2023 г. по июнь 2024 г. было зарегистрировано 233 пепловых выброса вулкана желтого и оранжевого уровней опасности (рис. 1д). При этом часто в зоне пеплопадов находилась территория города, поскольку преобладающие направления выбросов приходились на северо-восток, юго-восток и реже на восток. В то же время, основная производственная мощность города сконцентрирована на обеспечение работы порта, являющегося важным логистическим пунктом у берегов Северных Курильских островов. Присутствие регулярных природных источников поступления элементов в почвенно-растительный покров городской территории позволяет предположить наличие здесь завышенных природно-фоновых уровней некоторых тяжелых металлов. В этой связи представляет отдельный прикладной интерес оценка эколого-химического состояния почв в окрестностях г. Северо-Курильск.

Материалы и методы

Сбор почвенных образцов производили с 8.06.2024 г. по 11.06.2024 г. в северо-восточной части о. Парамушир (рис. 1е): в районе мыса Средний (станции 1, 2), на правом берегу р. Савушкина (ст. 3), на спуске к берегу (ст. 4); остальные районы сбора находились в границах г. Северо-Курильск: городская свалка ТКО (ст. 5), скала Тур (ст. 6), гора Маяк (ст. 7, 8, 9), морской порт (ст. 10), промышленная зона (ст. 11), центр города (ст. 16), возле озера (ст. 12, 13, 14), котельная (ст. 15); проба пепла – на склоне в низине (ст. 14). При расчетах и сравнениях за фоновый участок принимали станцию 14.

Пробоподготовку образцов выполняли в системе кислотного разложения проб Ethos UP (Milestone, Италия). Валовое содержание металлов (Zn, Mn, Cu, Ni, Cr, Pb, Cd) в растворах определяли с помощью атомно-эмиссионного спектрометра с микроволновой плазмой AES-MP 4200 (Agilent Technologies). Значения содержания элементов в пробах приведены в мг/кг сухой массы.

По каждому из проанализированных элементов дана оценка загрязнения на основании установленных показателей ПДК/ОДК – коэффициента опасности (K_o) [5], индексов геоаккумуляции (I_{geo}) и загрязнения (PI) [2]. Для комплексной оценки суммарного загрязнения почв металлами применяли геохимические индексы загрязнения (индекс нагрузки загрязнения (PLI), интегрированный индекс загрязнения Немерова (NPI) [2], суммарный показатель загрязнения (Zc)) [6] и токсикологические показатели (показатель потенциального экологического риска ($PERI$) и коэффициент суммарного токсикологического загрязнения почв металлами (Pt)) [1].

Анализ преобладающих направлений шлейфа, частоты и уровня опасности пепловых выбросов за период с 02.11.2023 по 15.06.2024 гг. выполнен на основе данных мониторинга активности влк. Эбеко (<https://www.emsd.ru/~ssl/monitoring/>), проведенного сотрудниками лаборатории исследований сейсмической и вулканической активности КФ ФИЦ ЕГС РАН.

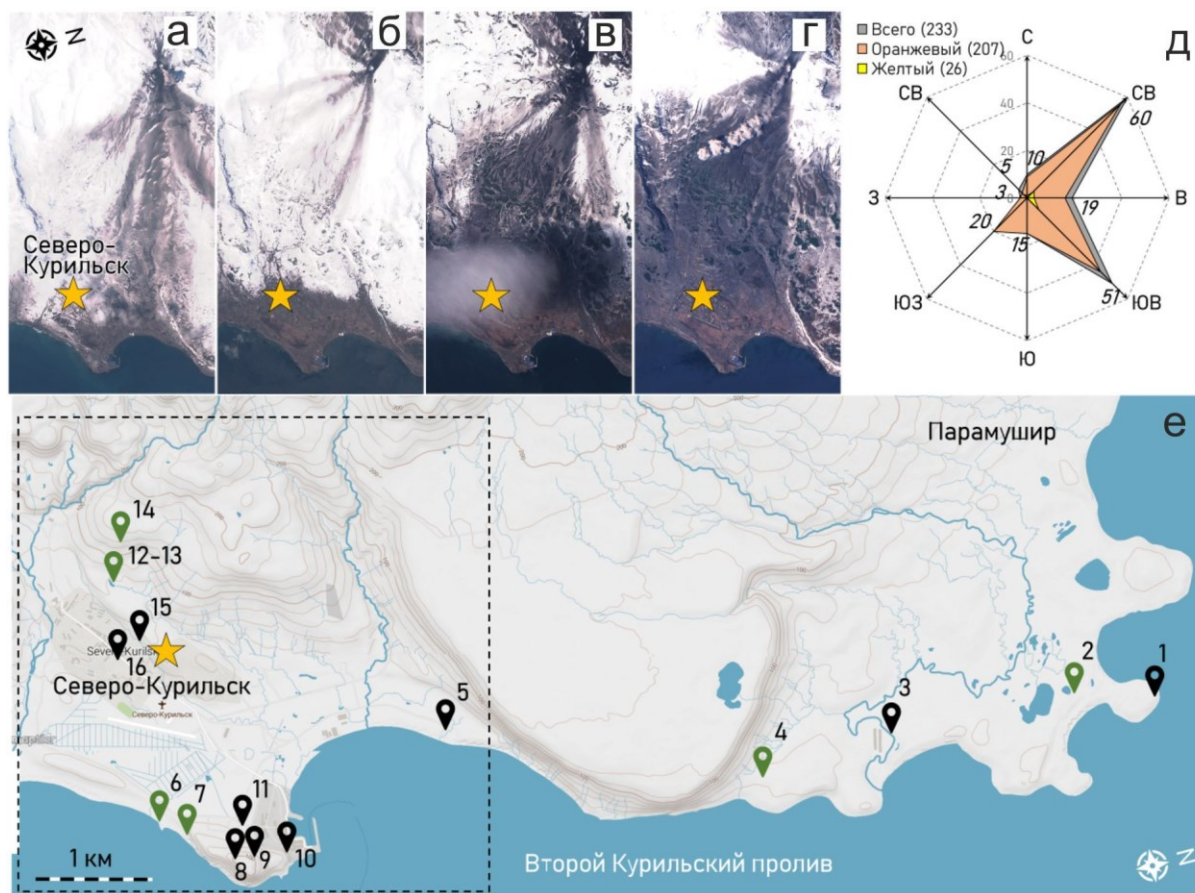


Рис. 1. Зоны пеплопадов и район исследований в северо-восточной части о. Парамушир: а – спутниковый снимок от 30.04.2023 г., б – спутниковый снимок от 25.05.2023 г., в – спутниковый снимок от 27.05.2023 г., г – спутниковый снимок от 24.04.2024 г., д – направление и частота пепловых выбросов (желтого и оранжевого уровней опасности) влк. Эбеко за период ноябрь 2023 г. – июнь 2024 г., е – карта-схема района отбора проб. Станции 1, 3, 5, 8-11, 15, 16 – зоны антропогенного воздействия, станции 2, 4, 6, 7, 12-14 – условно-фоновые зоны.

Результаты и обсуждение

Уровни содержания металлов в собранных образцах почв и пепла г. Северо-Курильск приведены в таблице. Для большинства из них, за исключением Cd, характерна значительная вариация. Валовое содержание элементов в образце пепла сопоставимо с минимальными значениями для таковых в почвах города, однако содержание Cd здесь выше, чем в большинстве исследованных почв г. Северо-Курильск, кроме ст. 10, 11, 15 и 16.

Анализ уровней содержания проанализированных металлов в почвах окрестностей г. Северо-Курильск выявил более низкие значения Zn, Cr и Pb, чем в почвах Камчатки [2] и других Курильских островов [4] (таблица). При этом концентрация Cd в почвах условно-природных зон была в 2 и более раз выше фоновых значений для почв Камчатки и Южных Курильских островов. Только соотношения концентраций Cu и Ni в исследованных почвах были сопоставимы между Северными и Южными Курильскими островами.

Таблица. Содержание элементов в почвах и пеплах г. Северо-Курильск, собранных в 2024 г.

Статистический показатель	Mn	Zn	Cu	Ni	Cr	Pb	Cd
Почвы г. Северо-Курильск (n=16)							
Минимум, мг/кг	68.6	17.4	20.1	0.004	2.8	0.3	0.6
Максимум, мг/кг	1467.4	360.0	70.6	23.8	11.2	43.4	1.3
Медиана, мг/кг	176.0	41.2	33.0	6.7	5.7	3.8	0.8
Пепел о. Парамушир, мг/кг							
Среднее, мг/кг	41.1	16.8	42.0	0.2	1.2	–	0.97
Почвы о. Кунашир, мг/кг [4]							
Среднее, мг/кг	–	147.0	20.0	7.1	17.0	25.0	0.37
Почвы о. Итуруп, мг/кг [4]							
Среднее, мг/кг	–	71	21.0	5.5	14.9	16.0	0.26
Почвы северной провинции Камчатки, мг/кг [3]							
Среднее, мг/кг	1100	75.0	56.6	24.4	65.5	5.0	0.2

Оценка загрязнения станций по отдельным веществам (PI и I_{geo}) выявила существенные аномалии в содержании Mn ст. 1, Zn в ст. 1 и 11, Ni в ст. 8 и Pb ст. 5, 7, 10 и 11 (рис. 2а, б). Превышения предельно допустимых концентраций металлов установлены для районов антропогенного воздействия по Zn (ст. 1), Cu (ст. 8) и Cd (ст. 15 и 16) (рис. 2в). Комплексная оценка состояния почв по геохимическим методам определила среднюю степень загрязнения для всех исследованных станций, кроме ст. 13, расположенной менее чем в 1 км от фоновой мониторинговой площадки (с. 14). При этом чрезвычайно высокая степень загрязнения по индексам PLI , NPI и Zc зафиксирована для станций 1, 5, 8 и 11 (рис. 2г). Токсикологические методы установили слабый уровень загрязнения для ст. 8, 10, 11 и средний для ст. 5 (рис. 2д).

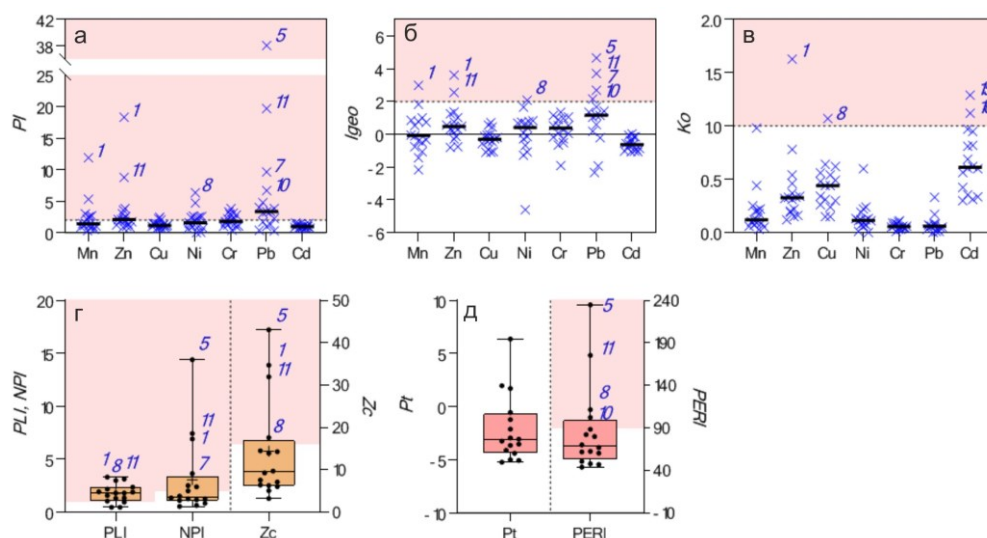


Рис. 2. Оценка экологического состояния почв г. Северо-Курильск по отдельным загрязняющим веществам (а – PI , б – I_{geo} , в – Ko) и суммарная оценка загрязненности тяжелыми металлами по комплексу применяемых эколого-геохимических (г – PLI , NPI и Zc) и токсикологических (д – Pt и $PERI$) методов.

Сравнение разных подходов к оценке загрязнения металлами исследованных почв позволяет констатировать более завышенные значения всех проанализированных показателей при использовании эколого-геохимических методов (PI , I_{geo} , PLI , NPI и $PERI$), в то время как токсикологические методы (Ko , $PERI$ и Pt) выявляют либо незначительный уровень загрязнения, либо допустимый (рис. 3а). Применение разработанного авторами консенсусного подхода к оценке экологического состояния почв на основе совместного использования группы методов поддерживает только два

района с потенциальным экологическим риском – ст. 5 и 11 (рис. 3б, в). Эти станции расположены в зоне хронического антропогенного воздействия – у общегородского объекта размещения ТКО (ст. 5) и в промышленной зоне с участком для хранения металлолома (ст. 11).

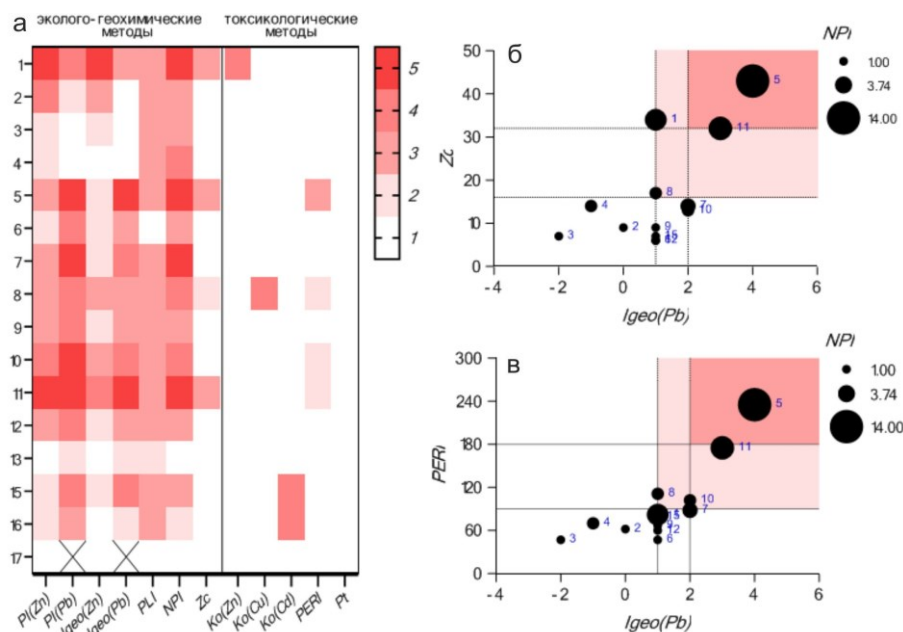


Рис. 3. Сравнение различных методов оценки экологического состояния исследуемых почв г. Северо-Курильск. а – Матрица оценок, проранжированная по степени загрязнения. Цветовая шкала соответствует степени загрязнения: 1 – допустимая, 2 – слабая, 3 – средняя, 4 – высокая, 5 – чрезвычайно высокая. Комбинированный анализ геохимических (б – $Igeo$, NPI и Zc) и токсикологических (в – $PERI$) показателей.

Заключение

Проведенные рекогносцировочные исследования территории г. Северо-Курильск как зоны смешанного воздействия антропогенных и природных источников поступления тяжелых металлов выявили районы города с высоким потенциальным экологическим риском. Дальнейшие мониторинговые исследования почвенного покрова необходимо продолжить с уточнения природно-фоновых концентраций для элементов, поступающих в среду с пепловыми выбросами влк. Эбеко.

Список литературы

1. Водяницкий Ю.Н. Загрязнение почв тяжелыми металлами и металлоидами. М.: МГУ им. М.В. Ломоносова, 2017. 192 с.
2. Жарикова Е.А. Тяжелые металлы в городских почвах: оценка содержания и экологического риска // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2021. Т. 332. № 1. С. 164-173.
3. Захарихина Л.В., Литвиненко Ю.С. Вулканизм и геохимия почвенно-растительного покрова Камчатки. Сообщение 2. Специфика формирования элементного состава вулканических почв в холодных гумидных условиях // Вулканология и сейсмология. 2019. № 3. С. 25-33.
4. Опекунова М.Г., Опекунов А.Ю., Кукушкин С.Ю. и др. Химический состав почв южных Курил и его изменение под влиянием антропогенной нагрузки (острова Кунашир, Шикотан, Итуруп) // География: развитие науки и образования: сборник статей по материалам ежегодной международной научно-практической конференции. Том II. Санкт-Петербург: Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена, 2022. С. 95-99.
5. СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».
6. Сает Ю.Е., Ревич Б.А., Янин Е.П. и др. Геохимия окружающей среды. М: Недра, 1990. 335 с.