

Динамика химического состава долинных почв и донных отложений реки Вторая Речка (город Владивосток)

Е. А. Жарикова , А. Д. Попова, С. В. Клышевская

Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты
Восточной Азии ДВО РАН, Российская Федерация
(690022, г. Владивосток, пр. 100-летия Владивостока, 159)

Аннотация. Цель исследования – оценка современного экологического состояния почв долины реки Вторая Речка, донных отложений и выявление особенностей сезонного распределения химических элементов в них.

Материалы и методы. Валовое содержание элементов в почвах и донных отложениях определяли методом рентгенфлуоресцентного анализа на спектрометре EDX-800HS (Shimadzu). Содержание органического вещества и кислотность – по стандартным методикам.

Результаты и обсуждение. Выявлено снижение кислотности (от слабокислой до щелочной среды) и повышение содержания фосфора (до крайне высокого уровня) в почвах и донных отложениях по мере возрастания антропогенной нагрузки. В процессе урбанизации в верхних горизонтах почв в наибольшей степени накапливаются Pb, Zn, Mn, Cu, Ni, Cr, а в донных отложениях – Zn, Sr, Cu, Mn, Pb, V. Установлено повышение содержания тяжелых металлов в донных отложениях в осенний период. Значения геоэкологических показателей PI и NPI состояния городской среды свидетельствуют о деградации поверхностного слоя почв и сильной степени загрязнения тяжелыми металлами; загрязнение донных отложений варьирует от среднего до сильного. Показатель химического загрязнения Zc свидетельствует о допустимом уровне загрязнения. Потенциальный экологический риск на исследованной территории незначительный, уровень экологического риска для бентосных организмов средне-низкий.

Заключение. Использование различных показателей загрязнения выявило неоднозначную картину в оценке экологического состояния почв.

Ключевые слова: тяжелые металлы, загрязнение, фосфор, экологический риск.

Источник финансирования: Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации по теме № 121031000134-6 «Динамика почвенного и растительного покрова континентальных и островных территорий Восточной Азии в условиях экологической нестабильности».

Для цитирования: Жарикова Е. А., Попова А. Д., Клышевская С. В. Динамика химического состава долинных почв и донных отложений реки Вторая Речка (город Владивосток) // *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология*, 2024, № 3, с. 142-148. DOI: <https://doi.org/10.17308/geo/1609-0683/2024/3/142-148>

ВВЕДЕНИЕ

Почвы и донные отложения являются признанными индикаторами состояния экосистем городов, поскольку они являются заключительным этапом миграции загрязняющих веществ из атмосферного воздуха и окружающих территорий. Их химический состав зависит от многих факторов, но в условиях урбандолинных почв решающую роль играет степень техногенной нагрузки. Являясь депонирующими средами, почвы и донные отложения способны не только закреплять и удерживать загрязнители, но также могут служить источником вторичного загрязнения окружающей среды и сопредельных экосистем, оказывать влияние на состояние биоты и здоровье населения.

Донные отложения городских водотоков формируются при поступлении материала от эрозии поверхностного горизонта городских почв (24-52%), речных берегов (18-33%), приоборудованных отложений автомагистралей

(19-22%), сточных вод (до 18%) [5]. Признание, того, что почвы являются ключевым звеном в массообмене между атмосферой, растительностью, грунтовыми и поверхностными водами, создает устойчивый спрос на качественные сведения об их экологическом состоянии [4]. Но сопряженный анализ вещественного состава этих компонентов с установлением степени экологического риска в городских экосистемах встречается нечасто [11], а территория российской части Дальнего Востока в этом отношении практически не исследована. Установлено, что элементный состав донных отложений и почв подвержен сезонному варьированию вследствие изменения температурного режима, кислотности (pH), биологических явлений и других физико-химических условий [3, 7].

Целью данной работы является оценка современного экологического состояния почв долины реки Вторая Речка, донных отложений и выявление особенностей сезонного распределения химических элементов в них.

© Жарикова Е. А., Попова А. Д., Клышевская С. В., 2024
✉ Жарикова Елена Анатольевна, e-mail: ejarikova@mail.ru



Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Река Вторая Речка протекает по полуострову Муравьева-Амурского с востока на запад от подножий водораздельных гор. Впадает в Амурский залив Японского моря между мысом Фирсова и мысом Калузина. Длина составляет 6,15 км, площадь бассейна – 16,1 км², густота речной сети – 1,97 км/км². Средний уклон русла составляет 39%, уклон водосбора – 161%. В верховьях река протекает в относительно естественных условиях, остальной бассейн занят инфраструктурой города Владивостока. Русло в средней и нижней части канализовано и испытывает техногенное воздействие. В реку отводятся поверхностные стоки с территории города по ливневой канализации, сточные воды коммунально-бытового использования, сбрасываются воды из подвалов и предприятий. В теплое время года обычно наблюда-

ется 6-8 паводков, вызванных интенсивными продолжительными дождями, которые часто сопровождаются выходом воды на пойму [16]. Эколого-геохимическое состояние почв и донных отложений водотоков Владивостока оказывает непосредственное влияние на состояние и пригодность к рекреации Амурского залива, на побережье которого находятся оздоровительные учреждения и городские пляжи.

Образцы донных отложений (песчано-алевритово-глинистый неуплотненный осадок) отбирали пробоотборником из верхних горизонтов отложений на 5 станциях мониторинга, заложенных в районе истока (станция 1 с минимальным антропогенным влиянием), жилых кварталов с промышленными объектами (станции 2-4) и устья реки (рекреационная зона, станция 5) (рис.1).



Рис. 1. Район исследования
[Fig. 1. Research area]

Образцы почв отбирали на расстоянии не более 50 м от русла реки с глубины 1-10 см. Каждый образец донных отложений и почв составляли из 5 точечных проб. Пробы массой не менее 1 кг высушивали до воздушно-сухого состояния, тщательно диспергировали и перемешивали. Физико-химические анализы почв и донных отложений выполняли в специализированной лаборатории по общепринятым методикам [1]. Подготовка проб и определение элементного анализа выполнены по аттестованной методике¹ (М-02-0604-2007) методом энергодисперсионной рентгенфлуоресцентной спектроскопии (EDX) на анализаторе EDX 800HS-P (Shimadzu, Япония) в Центре коллективного пользования Биотехнологии и генетической инженерии (ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН). В качестве эталонов использовались стандартные государственные образцы состава почв.

Для оценки экологического состояния почв и донных отложений были рассчитаны несколько геоэкологических показателей. В качестве фоновых значений при расчетах были использованы данные содержания

тяжелых металлов в почвах и донных отложениях станции 1. В России химическое загрязнение почв и донных отложений оценивается по суммарному показателю $Z_c = \sum(Kc_i + \dots + Kc_n) - (n - 1)$, где n – число определяемых компонентов, Kc_i – коэффициент концентрации i -го загрязняющего компонента, равный кратности превышения его содержания над региональным фоновым значением². Величина $Z_c < 16$ указывает на допустимый уровень загрязнения, но данный показатель не всегда позволяет корректно определить степень загрязнения.

Индекс загрязнения PI (Single Pollution Index) является основой для расчета комплексных показателей загрязнения, $PI = C_i / GB$. (C_i – содержание элемента в поверхностном слое, GB – фоновое содержание), $PI = Kc_i$. Значение $PI < 1$ свидетельствует об отсутствии загрязнения, $1 < PI < 2$ – о слабом загрязнении, $2 < PI < 3$ – о среднем, $3 < PI < 5$ – о сильном, $PI > 5$ – об очень сильном загрязнении. Данный индекс является основой для расчета комплексных показателей загрязнения [14].

Индекс загрязнения Nemerow (NPI) (Nemerow Pollution Index) учитывает потенциальную опасность

¹М-МВИ-80-2008 Методика выполнения измерений массовой доли элементов в пробах почв, грунтов и донных отложениях методами атомно-эмиссионной и атомно-абсорбционной спектроскопии. Санкт-Петербург, 2008.

²Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий (СанПиН 2.1.3684–21). Москва, 2021. 75 с.

металла-загрязнителя с наибольшим содержанием. $NPI = \sqrt{0,5(PI_{1\ max}^2 + PI_{ave}^2)}$, где $PI_{1\ max}$ – максимальное значение PI среди n количества металлов, PI_{ave} – среднее значение PI. NPI ранжирует пять классов загрязнения почв: $NPI < 0,7$ – чистая почва, $0,7 \leq NPI < 1,0$ – пограничный уровень, $1,0 \leq NPI < 2,0$ – слабое загрязнение, $2,0 \leq NPI < 3,0$ – среднее, $NPI > 3$ – сильное загрязнение [14].

Показатель потенциального экологического риска (Potential Ecological Risk) – уровень токсичности тяжелых металлов $PERI = \sum PI_i \times Ti_i$, где Ti_i – коэффициент токсичности i тяжелого металла. Значение Ti_i для Zn, V, Cr, Co, Pb, Ni, Cu равны 1, 2, 2, 5, 5, 5 соответственно [8]. Значение $PERI < 90$ означает низкий уровень экологической опасности, 90-180 – средний, 180-360 – высокий, 360-720 – очень высокий, > 720 – чрезвычайно высокий [19].

Для оценки суммарного экологического риска загрязнения донных отложений учитывают уровни содержания поллютантов, превышение которых может оказать негативное влияние на жизнедеятельность бентоса – probable effects level (PEL), $m - PEL - Q = [\sum (Ci / PEL)] / n$, где PEL – критическое содержание загрязнителя, n – число учитываемых элементов. Уровни PEL, разработанные для пресноводных экосистем, составляют 111 для Cr, 149 для Cu, 128 для Pb, 48,6 для Ni и 459 мг/кг для Zn [10]. Приняты следующие градации: $mPEL - Q < 0,1$ – низкий уровень; $0,11 < mPEL - Q < 1,5$ – средне-низкий, $1,51 < mPEL - Q < 2,3$ – средне-высокий, $mPEL - Q > 2,3$ – высокий [6].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Содержание органического углерода и pH водный в образцах почв и донных отложений, отобранных в октябре 2020 и мае 2021 годов, отличаются незначительно. В городских почвах содержание органического углерода находится в диапазоне средних значений (5,39-8,61 %), максимум выявлен в ненарушенных буроземах типичных в районе истока. В донных отложениях оно колеблется более широко, от 1,36 до 12,57% и возрастает вниз по течению, достигая самых наибольших значений в районе наиболее интенсивной антропогенной нагрузки (площадка 4 рядом с федеральной трассой). Сведения о содержании органического углерода в почвах разных городов мира противоречивы, оно сильно варьирует по сравнению с фоном в разных функциональных зонах; так, в селитебно-промышленных зонах оно обычно снижено. В донных отложениях рек городов содержание органического вещества, напротив, может превышать фоновое в 1,5-3,0 раза [11].

Снижение кислотности почв и донных отложений водотоков в городах возможно вследствие попадания в них противогололедных реагентов, ионов щелочноземельных металлов (из обломков щебня, строительного и бытового мусора). Это подтверждается на обследованной территории, где отмечено снижение кислотности почв и донных отложений от слабокислой до щелочной (5,9-8,1 и 6,4-7,6) одновременно с увеличе-

нием в них содержания щелочноземельных металлов на урбанизированном участке речной долины с более высокой техногенной нагрузкой. Количество кальция возросло от 1,05 до 7,94% в почвах и от 0,51 до 2,84% в донных отложениях, количество магния, от 0,68 до 1,26% и от 0,73 до 1,24%, соответственно. Выявлен тренд повышения абсолютных значений pH в осенний период (при нахождении в одной оценочной градации).

Содержание в городских почвах и донных отложениях кремния, алюминия, калия, титана практически стабильно на всей изученной территории и слабо отличается от содержания в верхнем слое литосферы. В широких пределах варьируют содержание фосфора: от 0,1 до 1,33% в почвах (0,05-1,08% в донных отложениях), железа: от 4,12 до 6,08% (3,46-6,90%), марганца: от 0,09 до 0,35% (0,1-0,29%), кобальта: от 16 до 41 мг/кг (13-43 мг/кг), меди: от 33 до 85 мг/кг (21-116 мг/кг), цинка: от 107 до 494 мг/кг (63-327 мг/кг), стронция: от 148 до 270 мг/кг (73-210 мг/кг), свинца: от 11 до 133 мг/кг, (130-64 мг/кг). В почвах осенью 2020 года содержание цинка на станциях 3-5 и свинца на станции 5 превышало ОДК, весной 2021 отмечено превышение ОДК цинка на станциях 3 и 5. Резкое увеличение содержания фосфора наблюдается в почвах и донных отложениях селитебно-промышленной зоны долины реки (станции 2-4), данные почвы относятся к сильно- и сверхсильнозафосфаченным, а донные отложения – к сильнозафосфаченным [10]. Полученные сведения о крайне высоком содержании фосфора не только в почвах исследованной территории, но и в донных отложениях городских водотоков дополняют уже имеющиеся [15].

Показатели индекса загрязнения PI осенью 2020 года характеризуют как чистые почвы в отношении V, Co и Ba (кроме станции 3), а донные отложения – только в отношении Co. Слабозагрязненными являются почвы в отношении Cr, Ni, Cu и Mn (кроме станции 2) и донные отложения в отношении V, Cr, Ni, Ba, а также Mn и Pb (кроме станции 4). Среднее и сильное загрязнение выявлено в почвах в отношении Zn, и очень сильное – в отношении Pb. Загрязнение от среднего до очень сильного характерно для донных отложений в отношении Cu и Zn. Весной 2021 года почвы характеризуются преимущественно как чистые и слабозагрязненные в отношении большинства тяжелых металлов. Среднее загрязнение выявлено в почвах в отношении Zn (станция 3), сильное – в отношении Ba (кроме станции 2, где оно среднее). Есть мнение, что сезонное повышение содержания тяжелых металлов в донных отложениях связано с увеличением значений pH и содержания щелочноземельных металлов [3].

Увеличение содержания тяжелых металлов в компонентах городской среды, несомненно, является результатом антропогенного воздействия, особенно в промышленных районах и вблизи автомагистралей [2]. На исследованной территории наибольшая концентрация тяжелых металлов как в почвах, так и в донных отложениях выявлена на станциях 3-4, расположенных по-

близости от промышленных объектов и федеральной трассы. Значения PI для большинства тяжелых металлов в почвах и донных отложениях урбанизированной части долины реки Вторая Речка значительно выше, чем на фоновом участке (табл.1). Особенно это касается Zn и Pb, источниками которых являются промышленные

и транспортные выбросы. Эти данные вполне согласуются с содержанием металлов в составе атмосферных взвесей Владивостока [18]. Но если в донных отложениях исследованного района Zn накапливается интенсивнее, чем Pb, то в европейских странах отмечаются разнонаправленные тенденции [9, 17].

Таблица 1

Коэффициенты концентрации (PI) тяжелых металлов в почвах и донных отложениях
[Table 1. The value PI for heavy metals in soils and sediments]

Станция / Station	Почвы / Soils	Донные отложения / Bottom sediments
Октябрь 2020		
1	Фон	Фон
2	Ni _{1,1} Sr _{1,2} Cu _{1,4} Zn _{1,8} Ba _{2,2} Mn _{3,8} Pb _{6,7}	Cr _{1,1} Ba _{1,2} V _{1,5} Ni _{1,6} Mn _{1,9} Cu _{2,0} Pb _{2,0} Co _{2,3} Sr _{2,5} Zn _{4,57}
3	V _{1,1} Ba _{1,1} Cr _{1,2} Sr _{1,2} Ni _{1,4} Mn _{1,5} Cu _{1,9} Zn _{3,8} Pb _{9,1}	Cr _{1,1} Ba _{1,2} V _{1,3} Mn _{1,3} Pb _{1,4} Sr _{2,3} Cu _{2,8} Zn _{3,0}
4	Ba _{1,1} Cr _{1,2} Sr _{1,2} Mn _{1,6} Ni _{1,8} Cu _{1,8} Zn _{2,4} Pb _{6,7}	Cr _{1,1} Ba _{1,2} V _{1,4} Ni _{1,5} Pb _{2,3} Sr _{2,4} Sr _{2,5} Mn _{2,8} Zn _{5,2} Cu _{5,5}
5	Ba _{1,1} Cr _{1,1} Mn _{1,1} Ni _{1,4} Sr _{1,7} Cu _{2,0} Zn _{2,4} Pb _{11,7}	Cr _{1,1} Ba _{1,1} V _{1,1} Pb _{1,7} Sr _{2,4} Zn _{2,3} Cu _{2,5} Sr _{2,8}
Май 2021		
1	Фон	Фон
2	Pb _{1,1} V _{1,2} Mn _{1,2} Cu _{1,3} Ba _{2,2}	Ni _{1,3} Pb _{1,5} Cu _{1,7} Co _{2,3}
3	Mn _{1,1} Pb _{1,1} V _{1,5} Cu _{1,9} Zn _{3,0} Ba _{4,9}	Sr _{1,2} Ni _{2,0} Pb _{2,0} Co _{2,3} Cu _{2,3} Zn _{2,5}
4	Mn _{1,1} Pb _{1,2} Zn _{1,3} V _{1,4} Ni _{1,4} Cu _{1,5} Ba _{4,7}	Cr _{1,1} V _{1,2} Co _{1,2} Sr _{1,3} Ni _{1,7} Pb _{4,0} Zn _{4,3} Cu _{4,6}
5	Co _{1,1} Cr _{1,1} Sr _{1,4} Zn _{1,5} Cu _{1,6} Ni _{1,6} Ba _{3,6}	Ba _{1,1} Cr _{1,1} V _{1,2} Sr _{1,5} Ni _{1,6} Zn _{1,9} Cu _{2,1} Pb _{3,7}

Значения комплексного показателя загрязнения NPI свидетельствуют о деградации поверхностного слоя почв урбанизированной части долины реки Вторая речка и сильной степени загрязнения тяжелыми металлами в осенний период (табл. 2). Весной сильная

степень загрязнения отмечена только на станциях 3 и 4, на остальных она оценивается как слабая и средняя. Степень загрязнения донных отложений также варьирует, от средней до сильной в осенний, и от слабой до сильной в весенний период.

Таблица 2

Сезонная динамика геохимических показателей
[Table 2. Seasonal dynamics of geochemical parameters]

Станция/ Station	Величина Zc / The value Zc		Индекс загрязнения Nemerow (NPI) / The Nemerow Pollution Index		Потенциальный экологический риск (PERI) / Potential Ecological Risk	
	Осень 2020 / Autumn 2020	Весна 2021 / Spring 2021	Осень 2020 / Autumn 2020	Весна 2021 / Spring 2021	Осень 2020 / Autumn 2020	Весна 2021 / Spring 2021
Почвы						
1	1	1	1,1	1,1	27	26
2	11	2	5,0	1,8	60	27
3	14	8	6,7	3,8	77	34
4	10	6	5,0	3,5	64	35
5	14	4	8,5	2,7	88	31
Донные отложения						
1	1	1	1,1	1,1	27	26
2	7	1	3,2	1,9	28	36
3	5	5	2,4	1,9	39	39
4	13	11	4,3	3,6	39	51
5	4	6	2,1	2,9	63	37

В исследованных почвах и донных отложениях величина показателя химического загрязнения Zc по-

всеместно не превышает 16, что свидетельствует о допустимом уровне загрязнения. Значения показателя

потенциального экологического риска PERI (26-89) также характеризуют экологическую опасность почв для живых организмов как незначительную, но наблюдается рост абсолютных значений PERI в селитебно-промышленной зоне. Полученные данные близки к

параметрам PERI в районе среднего течения реки Янцзы, в то время как в большинстве рек юго-западной части Кореи и нижнего течения реки Янцзы они находятся в пределах 95-190 и 107-192, что свидетельствует о среднем и высоком уровне опасности [13, 20].

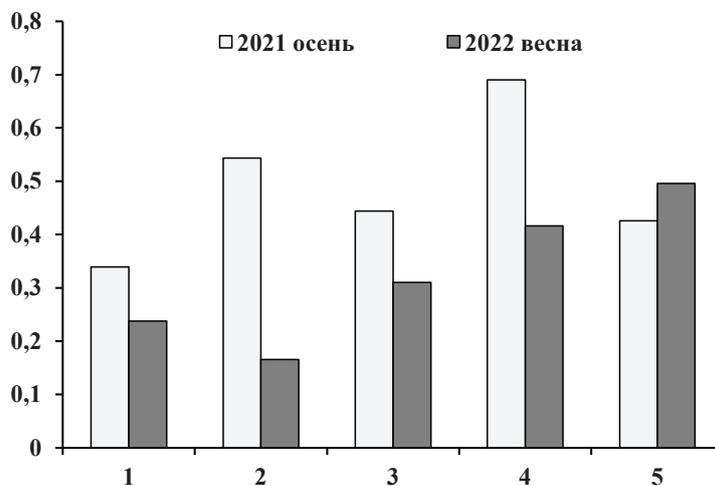


Рис. 2. Величина суммарного экологического риска для бентосных организмов – m-PEL-Q на станциях 1-5
[Fig. 2. The value of the total environmental risk for benthic organisms c – m-PEL-Q at stations 1-5]

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные данные свидетельствуют о наличии значительных изменений в химическом составе компонентов природной среды в долине реки Вторая Речка города Владивостока под влиянием техногенной нагрузки. Выявлено зафосфачивание территории и увеличение содержания железа и тяжелых металлов в почвах и донных отложениях. Но применение различных геоэкологических показателей рисует неоднозначную картину в оценке экологического состояния исследованных объектов. Показатель химического загрязнения Z_c свидетельствует о допустимом уровне загрязнения. Потенциальный экологический риск на данной территории оценивается как низкий, при этом наблюдается увеличение абсолютных величин PERI в жилых районах. Напротив, комплексный индекс загрязнения Nemerow (NPI) характеризует загрязнение почв тяжелыми металлами как сильное, а донных отложений – как среднее и сильное. Уровень экологического риска для бентосных организмов оценивается как средне-низкий. Выявлено более низкое содержание тяжелых металлов в почвах и донных отложениях в весенний период по сравнению с осенним. Для улучшения экологической ситуации необходимо провести комплекс мероприятий, направленных на снижение негативного воздействия на компоненты окружающей среды в урбанизированной части долины реки Вторая Речка. Необходима очистка русла реки, создание рекреационных пространств с посадками деревьев и залужением поверхности почв.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Агрохимические методы исследования почв* / под ред. А. В. Соколова. Москва: Наука, 1975. 656 с
2. Лебедев И. В., Каманина И. З., Каплина С. П. Содержание тяжелых металлов в водотоках города Липецк // *Вестник*

Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология, 2022, № 1, с. 74-82.

3. Физико-химические аспекты миграционных процессов тяжелых металлов в природных водных системах / О. А. Давыдова, Е. В. Коровина, Е. С. Ваганова и др. // *Вестник ЮУрГУ. Серия «Химия»*, 2016, Т. 8, № 2, с. 40-50.

4. Background content of heavy metals in soils and bottom sediments in the north of Western Siberia / M. G. Opekunova, A. Y. Opekunov, S. Y. Kukushkin, A. G. Ganul // *Eurasian Soil Science*, 2019, vol. 52, no. 4, pp. 380-395.

5. Collins A. L., Walling D. E. Selecting fingerprint properties for discriminating potential suspended sediment sources in river basins // *Journal of Hydrology*, 2002, vol. 261, no. 1-4, pp. 218-244.

6. Distribution of heavy metals in sediment cores of Lake Pamvotis (Greece): a pollution and potential risk assessment / K. Ioannides, K. Stamoulis, C. Papachristodoulou, et al. // *Environmental Monitoring and Assessment*, 2015, no. 187, p. 4209.

7. Essien J. P., Antai S. P., Olajire A. A. Distribution, Seasonal Variations and Ecotoxicological Significance of Heavy Metals in Sediments of Cross River Estuary Mangrove Swamp // *Water Air and Soil Pollution*, 2009, vol. 197, no. 1, pp. 91-105.

8. Hakanson L. An ecological risk index for aquatic pollution control a sedimentological approach // *Water Research*, 1980, vol. 14, no. 8, pp. 975-1001.

9. Heavy Metals in Sediments of Urban Streams: Contamination and Health Risk Assessment of Influencing Factors / E. Wojciechowska, N. Nawrot, J. Walkusz-Miotk, et al. // *Sustainability*, 2019, vol. 11, no. 3, pp. 563.

10. Inclusion of soils and soil-like bodies of urban territories into the Russian soil classification system / T. V. Prokof'eva, M. I. Gerasimova, O. S. Bezuglova, et al. // *Eurasian Soil Science*, 2014, vol. 47, no. 10, pp. 959-967.

11. Kasimov N. S., Korlyakov I. D., Kosheleva N. E. Distribution and factors of accumulation of heavy metals and metalloids in river bottom sediments in the territory of the Ulan-Ude city // *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*, 2017, vol. 25, no. 3, pp. 380-395.

12. MacDonald D. D., Ingersoll C. G., Berger T. A. Development and evaluation of consensus-based sediment quality guide-

lines for freshwater ecosystems // *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 2000, vol. 39, pp. 20-31.

13. Organic matter and heavy metal in river sediments of southwestern coastal Korea: spatial distribution, pollution, and ecological risk assessment / H.J. Yang, H.J. Jeong, K.M. Bong, et al. // *Marine Pollution Bulletin*, 2020, vol. 159, pp. 111466.

14. Pollution indices as useful tools for the comprehensive evaluation of the degree of soil contamination. A review / J.B. Kowalska, R. Mazurek, M. Gasiorek, T. Zaleski // *Environmental Geochemistry and Health*, 2018, vol. 40, pp. 2395-2420.

15. Phosphorus-enriched soils of urban and suburban Nanjing and their effect on groundwater phosphorus / G.L. Zang, W. Burghardt, Y. Lu, Z.T. Gong // *J. Plant Nutr. Soil Sci.*, 2001, vol. 164, pp. 295-301.

16. Problems of stream pollution located in urbanized territories and ways of solution on the Vtoraya Rechka River example (Vladivostok, Primorye Territory) / T.S. Vshivkova, T.V. Nikulina, S.V. Klyshevskaya, et al. // *Vladimir Ya. Levanidov's Biennial Memorial Meetings*, 2021, pp. 43-59.

17. Singovszka E., Balintova M. Enrichment Factor and GeoAccumulation Index of Trace Metals in Sediments in the Riv-

er Hornad, Slovakia // *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.*, 2019, vol. 222, pp. 1-6.

18. The response ranges of pulmonary function and the impact criteria of weather and industrial influence on patients with asthma living in Vladivostok / L.V. Veremchuk, E.E. Mineeva, T.I. Vitkina, et al. // *J. Environ. Health Sci. Engineer*, 2020, vol. 18, pp. 235-242.

19. Varol M. Assessment of heavy metal contamination in sediments of the Tigris River (Turkey) using pollution indices and multivariate statistical techniques // *Journal of Hazardous Materials*, 2011, vol. 195, pp. 355-364.

20. Yi. Y., Yang Z., Zhang S. Ecological risk assessment of heavy metals in sediment and human health risk assessment of heavy metals in fishes in the middle and lower reaches of the Yangtze River basin // *Environmental Pollution*, 2011, vol. 159, no. 10, pp. 2575-2585.

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Поступила в редакцию: 22.03.2023

Принята к публикации: 30.08.2024

UDC 631.42+ 504.054

ISSN 1609-0683

DOI: <https://doi.org/10.17308/geo/1609-0683/2024/3/142-148>

Dynamics of Chemical Composition of Valley Soils and Bottom Sediments of the «Vtoraya Rechka» River (Vladivostok City)

E. A. Zharikova , A. D. Popova, S. V. Klyshevskaya

Federal Research Centre of Biodiversity,
Far East Branch of the Russian Academy of Sciences, Russian Federation
(159, Stoletiya of Vladivostok Ave, Vladivostok, 690022)

Abstract. The purpose of the study is to assess the current ecological state of soils in the valley of the Vtoraya Rechka River and bottom sediments and to identify the features of the seasonal distribution of chemical elements.

Materials and methods. The total content of elements in soils and bottom sediments was determined by X-ray fluorescence analysis on an EDX-800HS spectrometer (Shimadzu). The content of organic matter and acidity - according to standard methods.

Result and discussion. A decrease in acidity (from slightly acidic to alkaline environment) and an increase in phosphorus content (to extremely high levels) in soils and bottom sediments with increasing anthropogenic load were revealed. In the process of urbanisation, Pb, Zn, Mn, Cu, Ni, Cr accumulate to the greatest extent in the upper horizons of soils and Zn, Sr, Cu, Mn, Pb, V in the bottom sediments. An increase in the content of heavy metals in bottom sediments was revealed in autumn period. The values of geoeological indicators PI and NPI of the state of the urban environment indicate the degradation of the surface layer of soils and a strong degree of pollution with heavy metals; pollution of bottom sediments varies from medium to strong. The index of chemical pollution Zc indicates the permissible level of pollution. The potential ecological risk in the study area is insignificant, the level of ecological risk for benthic organisms is medium-low.

Conclusion. The use of different pollution indicators revealed a mixed picture in assessing the ecological status of soils.

Key words: heavy metals, pollution, phosphorus, environmental risk.

Funding: The research was carried out within the framework of the state assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation on the theme No. 121031000134-6 "Dynamics of soil and vegetation cover of continental and island territories of East Asia under conditions of environmental instability".

For citation: Zharikova E. A., Popova A. D., Klyshevskaya S. V. Dynamics of Chemical Composition of Valley Soils and Bottom Sediments of the «Vtoraya Rechka» River (Vladivostok City). *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seria: Geografia. Geoekologia*, 2024, no.3, pp. 142-148. (In Russ.) DOI: <https://doi.org/10.17308/geo/1609-0683/2024/3/142-148>

© Zharikova E. A., Popova A. D., Klyshevskaya S. V., 2024

 Elena A. Zharikova, e-mail: ejarikova@mail.ru



The content is available under Creative Commons Attribution 4.0 License.

REFERENCES

1. *Agrokhimicheskiye metody issledovaniya pochv* [Agrochemical methods of soil study] / pod red. A. V. Sokolova. Moscow: Nauka, 1975. 656 p. (In Russ.)
2. Lebedev I. V., Kamanina I. Z., Kaplina S. P. Soderzhanie tyazhelykh metallov v vodotokah goroda Lipeck [Content of Heavy metals in the Lipetsk City]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seria: Geografia. Geojekologia*, 2022, no. 1, pp. 74-82. (In Russ.)
3. Fiziko-khimicheskiye aspekty migratsionnykh protsessov tyazhelykh metallov v prirodnykh vodnykh sistemakh [Physical-Chemistry Aspects of Migratory Processes of Heavy Metals in Natural Aqueous Systems] / O. A. Davydova, E. V. Korovina, E. S. Vaganova i dr. *Vestnik JuUrGU. Seriya «Himija»*, 2016, vol. 8, no. 2, pp. 40-50. (In Russ.)
4. Background content of heavy metals in soils and bottom sediments in the north of Western Siberia / M. G. Opekunova, A. Y. Opekunov, S. Y. Kukushkin, A. G. Ganul. *Eurasian Soil Science*, 2019, vol. 52, no. 4, pp. 380-395.
5. Collins A. L., Walling D. E. Selecting fingerprint properties for discriminating potential suspended sediment sources in river basins. *Journal of Hydrology*, 2002, vol. 261, no. 1-4, pp. 218-244.
6. Distribution of heavy metals in sediment cores of Lake Pamvotis (Greece): a pollution and potential risk assessment / K. Ioannides, K. Stamoulis, C. Papachristodoulou, et al. *Environmental Monitoring and Assessment*, 2015, no. 187, p. 4209.
7. Essien J. P., Antai S. P., Olajire A. A. Distribution, Seasonal Variations and Ecotoxicological Significance of Heavy Metals in Sediments of Cross River Estuary Mangrove Swamp. *Water Air and Soil Pollution*, 2009, vol. 197, no. 1, pp. 91-105.
8. Hakanson L. An ecological risk index for aquatic pollution control a sedimentological approach. *Water Research*, 1980, vol. 14, no. 8, pp. 975-1001.
9. Heavy Metals in Sediments of Urban Streams: Contamination and Health Risk Assessment of Influencing Factors / E. Wojciechowska, N. Nawrot, J. Walkusz-Miotk, et al. *Sustainability*, 2019, vol. 11, no. 3, pp. 563.
10. Inclusion of soils and soil-like bodies of urban territories into the Russian soil classification system / T. V. Prokof'eva, M. I. Gerasimova, O. S. Bezuglova, et al. *Eurasian Soil Science*, 2014, vol. 47, no. 10, pp. 959-967.
11. Kasimov N. S., Korlyakov I. D., Kosheleva N. E. Distribution and factors of accumulation of heavy metals and metalloids in river bottom sediments in the territory of the Ulan-Ude city. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*, 2017, vol. 25, no. 3, pp. 380-395.
12. MacDonald D. D., Ingersoll C. G., Berger T. A. Development and evaluation of consensus-based sediment quality guidelines for freshwater ecosystems. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 2000, vol. 39, pp. 20-31.
13. Organic matter and heavy metal in river sediments of southwestern coastal Korea: spatial distribution, pollution, and ecological risk assessment / H. J. Yang, H. J. Jeong, K. M. Bong, et al. *Marine Pollution Bulletin*, 2020, vol. 159, pp. 111466.
14. Pollution indices as useful tools for the comprehensive evaluation of the degree of soil contamination. A review / J. B. Kowalska, R. Mazurek, M. Gasiorek, T. Zaleski. *Environmental Geochemistry and Health*, 2018, vol. 40, pp. 2395-2420.
15. Phosphorus-enriched soils of urban and suburban Nanjing and their effect on groundwater phosphorus / G. L. Zang, W. Burghardt, Y. Lu, Z. T. Gong. *J. Plant Nutr. Soil Sci.*, 2001, vol. 164, pp. 295-301.
16. Problems of stream pollution located in urbanized territories and ways of solution on the Vtoraya Rechka River example (Vladivostok, Primorye Territory) / T. S. Vshivkova, T. V. Nikulina, S. V. Klyshevskaya, et al. *Vladimir Ya. Levanidov's Biennial Memorial Meetings*, 2021, pp. 43-59.
17. Singovszka E., Balintova M. Enrichment Factor and Geo Accumulation Index of Trace Metals in Sediments in the River Hornad, Slovakia. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.*, 2019, vol. 222, pp. 1-6.
18. The response ranges of pulmonary function and the impact criteria of weather and industrial influence on patients with asthma living in Vladivostok / L. V. Veremchuk, E. E. Mineeva, T. I. Vitkina, et al. *J. Environ. Health Sci. Engineer*, 2020, vol. 18, pp. 235-242.
19. Varol M. Assessment of heavy metal contamination in sediments of the Tigris River (Turkey) using pollution indices and multivariate statistical techniques. *Journal of Hazardous Materials*, 2011, vol. 195, pp. 355-364.
20. Yi Y., Yang Z., Zhang S. Ecological risk assessment of heavy metals in sediment and human health risk assessment of heavy metals in fishes in the middle and lower reaches of the Yangtze River basin. *Environmental Pollution*, 2011, vol. 159, no. 10, pp. 2575-2585.

Conflict of interests: The authors declare no information of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

Received: 22.03.2023
Accepted: 30.08.2024

Жарикова Елена Анатольевна
кандидат биологических наук, старший научный сотрудник
Федерального научного центра Биоразнообразия наземной
биоты Восточной Азии Дальневосточного отделения РАН,
г. Владивосток, Российская Федерация, ORCID: 0000-0002-
1752-8720, e-mail: ejarikova@mail.ru

Попова Анастасия Дмитриевна
инженер Федерального научного центра Биоразнообразия
наземной биоты Восточной Азии Дальневосточного отде-
ления РАН, г. Владивосток, Российская Федерация, ORCID:
0000-0002-8148-577X, e-mail: anastasia97@list.ru

Клышевская Серафима Владимировна
научный сотрудник Федерального научного центра Биораз-
нообразия наземной биоты Восточной Азии Дальневосточ-
ного отделения РАН, г. Владивосток, Российская Федерация,
ORCID: 0000-0002-3730-6869, e-mail: klyshevskaya@biosoil.ru

Elena A. Zharikova
Cand Sci. (Biol.), Senior researcher of the Federal Scientific Center
of the East Asia Terrestrial Biodiversity, Far East Branch of the
Russian Academy of Sciences, Vladivostok, Russian Federation,
ORCID: 0000-0002-1752-8720, e-mail: ejarikova@mail.ru

Anastasiya D. Popova
Engineer of the Federal Scientific Center of the East Asia
Terrestrial Biodiversity, Far East Branch of the Russian Academy
of Sciences, Vladivostok, Russian Federation, ORCID: 0000-
0002-8148-577X, e-mail: anastasia97@list.ru

Serafima V. Klyshevskaya
Researcher of the Federal Scientific Center of the East Asia
Terrestrial Biodiversity, Far East Branch of the Russian Academy
of Sciences, Vladivostok, Russian Federation, ORCID: 0000-
0002-3730-6869, e-mail: klyshevskaya@biosoil.ru