

ТЯЖЁЛЫЕ МЕТАЛЛЫ В ПОЧВАХ БЕРЕГОВОЙ ПОЛОСЫ И ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ПРУДОВ ГОРОДА САМАРЫ

© 2022

Прохорова Н.В., Бугров С.В., Макарова Ю.В., Герасимов Ю.Л., Платонов И.А., Горюнов М.Г.

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва

(г. Самара, Российская Федерация)

Аннотация. Впервые для г. Самары в почвах береговой полосы и донных отложениях 20 прудов методом спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой установлены уровни валового содержания Mn, Cr, Ni, Cu, Zn, Pb и Cd, присутствующих в потоках загрязнения от разных техногенных источников города, а также поступающих с региональным и глобальным переносом веществ. Дан анализ особенностей накопления и распределения тяжёлых металлов (ТМ) в береговых почвах и донных отложениях прудов в зависимости от их положения в рельефе городской территории. Определена степень полиметаллического загрязнения ТМ для каждого из изученных прудов. Показано, что к настоящему времени значимое загрязнение почв и донных отложений характерно только для 4 прудов г. Самары, находящихся в 13-м микрорайоне (малый пруд), на ул. Солнечной (большой и малый пруды) и в районе бывшего ипподрома. Основными элементами, влияющими на состояние береговых почв и донных отложений изучаемых водных объектов, следует считать Cu (ее содержание в отобранных образцах колеблется от 0,3 до 20,3 единиц фона), Zn (0,2–14,9 единиц фона) и Pb (0,2–25,2 единиц фона). По сравнению с береговыми почвами донные отложения обогащены всеми анализируемыми металлами, за исключением Mn; Mn активнее накапливается в береговых почвах.

Ключевые слова: тяжёлые металлы; пруды; почвы береговой полосы; донные отложения; спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой; город Самара.

HEAVY METALS IN COASTAL SOILS AND SEDIMENTS OF THE PONDS IN SAMARA

© 2022

Prokhorova N.V., Bugrov S.V., Makarova Yu.V., Gerasimov Yu.L., Platonov I.A., Goryunov M.G.

Samara National Research University (Samara, Russian Federation)

Abstract. The total contents of Mn, Cr, Ni, Cu, Zn, Pb and Cd in foreshore soils and bottom sediments of 20 ponds have been investigated for the first time in Samara by the method of spectrometry with inductively coupled plasma. It is shown that polymetallic pollution of coastal soils and bottom sediments of 16 ponds out of 20 considered is acceptable; 3 ponds, located in the 13th microdistrict (small pond) and on the Solnechnaya street (large and small ponds), are characterized by moderately hazardous pollution with heavy metals; 1 pond, located in the area of the former Hippodrome, has a high level of pollution of coastal soils. Cu, Zn and Pb should be considered to be the main elements that significantly affected the ecological state of coastal soils and bottom sediments of the studied ponds. Their content in selected samples ranged: from 0,3 to 20,3 for Cu, from 0,2 to 14,9 units for Zn, from 0,2 to 25,2 units of background concentrations – to Pb. The analysis of heavy metals average levels in coastal soils and bottom sediments of Samara ponds showed, that bottom sediments were enriched with all analyzed metals except Mn in comparison with coastal soils, whereas Mn was accumulated to upper levels in coastal soils. The location of water bodies in various parts of the urban area relief caused differences between the levels of heavy metals accumulation. For instance, the coastal soils of the ponds located on the watershed between the Saratov reservoir and the Samara River accumulated heavy metals more actively than the coastal soils of the ponds on the Volga slope. The accumulation of heavy metals in bottom sediments on the watershed was more active for Mn, Cr, Zn and Cd whereas in the ponds on the Volga slope it was shown for Ni, Cu and Pb.

Keywords: heavy metals; ponds; foreshore soils; bottom sediments; inductively coupled plasma spectrometry; Samara.

Введение

Город Самара – один из крупнейших промышленных центров Российской Федерации. Его промышленный потенциал включает металлообработку, машиностроение, строительную индустрию, нефтепереработку в совокупности с разнообразной и развитой транспортной инфраструктурой. Широкий спектр промышленного производства способствует тому, что по степени опасности, темпам и объёмам техногенного поступления одно из первых мест среди загрязнителей здесь занимают тяжёлые металлы (ТМ). Значительное количество ТМ поступает также с бытовыми сбросами. При этом ареной развития техно-геохимических аномалий являются не только водные артерии,

дренирующие город, но и замкнутые малые водные объекты – пруды, накопление металлов в которых становится серьёзной проблемой в связи с высокими темпами техногенеза [1, р. 5454].

Пруды – это искусственные мелководные водоёмы площадью водного зеркала до 1 км², создаваемые путем перегораживания плотиной малых рек, ручьёв, временных водотоков, обвалования территории вне русла или выкапывания углубления на поверхности почвы и предназначенные для накопления и хранения воды в хозяйственных (орошение сельскохозяйственных угодий, рыбоводство, птицеводство, противопожарная безопасность и др.), рекреационных и эстетических целях [2, с. 49]. На территории г. Сама-

ры расположено более 30 прудов, часть из которых является копаными, а остальные созданы сооружением плотин в оврагах береговой зоны р. Волги (Саратовского водохранилища), к которой примыкает существенная часть городской территории. Время сооружения этих прудов разное, но основное их количество было создано ещё в царский период в пределах загородных дач и усадеб, в пригородных сельских поселениях. В советское время, когда город поглотил эти территории, многие пруды были очищены, благоустроены и использовались в рекреационных целях и для полива огородов в его частном секторе. В позднее советское время и постперестроечный период городскими прудами практически не занимались, шли процессы деградации этих водных экосистем, сопровождающиеся зарастанием водной и околоводной растительностью, заилинием, загрязнением бытовыми отходами и техногенными поллютантами [3, с. 192; 4, с. 14].

Целью данной работы является оценка содержания тяжёлых металлов (Mn, Cr, Ni, Cu, Zn, Pb, Cd) в почвах ближайшей зоны водосбора (почвах береговой полосы) и донных отложениях прудов на территории г. Самары. В отношении указанных компонентов городских прудов такие исследования проводятся впервые.

Объекты и методы исследования

В 2015–2017 гг. были отобраны образцы почв береговой полосы и донных отложений 20 прудов, расположенных на территории г. Самары: пруда Самарского государственного социально-педагогического университета (СГСПУ) (№ 1), пруда Самарского государственного экономического университета (№ 2), пруда на ул. Смольной (№ 3), большого и малого прудов в 13-м микрорайоне (№ 4 и № 5 соответственно), пруда в Дубовой роще (№ 6), пруда Островного (№ 7), Церковного пруда (№ 8), большого и малого прудов на территории профилактория «Поволжье» (№ 9 и № 10 соответственно), большого и малого прудов на ул. Солнечной (№ 11 и № 12 соответственно), большого и малого прудов на 5-й просеке (№ 13 и № 14 соответственно), левого и правого прудов рядом с автобусной остановкой «ТЦ Пирамида» (№ 15 и № 16 соответственно), пруда возле бывшего Ипподрома (№ 17), первого и второго прудов на 8-й просеке (№ 18 и № 19 соответственно), пруда на ул. Бронной (№ 20). Пруды под номерами 1–8 находятся на относительно выровненном водораздельном пространстве между Саратовским водохранилищем и р. Самарой. Пруды под номерами 9–20 расположены на береговом склоне Саратовского водохранилища (Волжском склоне) (рис. 1). Отбор почв береговой полосы и донных отложений проводили по общепринятым методикам, указанным в «Практикуме по агрохимии» под редакцией В.Г. Минеева [5, с. 59–60] и ПНД Ф 12.1:2.2:2.3.2-03 [6]. Пробы донных отложений отбирали под водой с глубины водного слоя 50–100 см.

Валовое содержание ТМ в воздушно-сухих образцах почв и донных отложений прудов определяли методом спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой на оптико-эмиссионном спектрометре «Plasma-Quant® PQ 9000» («Analytik Jena AG», Германия) в специализированной лаборатории кафедры химии Са-

марского университета. Метод позволяет определять концентрации большого набора химических элементов в почвах и донных отложениях и поэтому хорошо подходит для выявления полиэлементного загрязнения [7, р. 345]. На подготовительном этапе металлы экстрагировали из образцов 5 М HNO₃ в соответствии с ПНД Ф 16.1:2.3:3.11-98 [8, с. 14].

Анализируя состав донных отложений, можно определить происхождение, распространение, степень, а также возможную опасность загрязнения окружающей среды металлами, поскольку эти элементы не подвергаются деградации и могут оставаться в составе депонирующей среды длительное время [9, р. 466; 10]. Для оценки накопления металлов в экосистемах прудов использовали коэффициент концентрации (K_C); степень опасности полиметаллического загрязнения почв и донных отложений, а также уровень техногенной нагрузки на пруды определяли по суммарному показателю химического загрязнения (Z_C) (МУ 2.1.7.730-99) [11]. Фоновые показатели для чернозёмных почв Самарской области взяты из работы «Ежегодник. Загрязнение почв Российской Федерации токсикантами промышленного происхождения в 2016 г.» [12], для донных отложений – из работ О.К. Анохиной [13, с. 19], О.А. Тихомирова и М.В. Маркова [14, с. 146].

Обработку цифровых данных проводили с применением программы Statistica 10.0 [15]. Статистически значимыми признавались результаты с уровнем $p < 0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение

Проведённое исследование показало, что содержание Cu, Zn и Pb в большинстве образцов почв береговой полосы и донных отложений сходно с региональным фоном или превышает его. Содержание Cu в почвах береговой полосы прудов № 4, 5 и 17, а также в донных отложениях прудов № 1, 3, 11 и 17 выше фонового значения в 3–20 раз. В 1,5–15,0 раз выше фона содержание Zn в донных отложениях прудов № 2–5, 7, 11, 17 и 20 и в почвах береговой полосы большинства перечисленных прудов. В почвах береговой полосы и донных отложениях более половины всех изученных прудов выявлены значимые превышения фона по Pb (в 2–25 раз). Содержания Mn, Cd, Cr и Ni в целом не превышают региональных фоновых показателей.

Основными элементами, в значительной степени влияющими на состояние почв береговой полосы и донных отложений изучаемых водных объектов, являются: Cu (K_C от 0,3 до 20,3), Zn (K_C от 0,2 до 14,9) и Pb (K_C от 0,2 до 25,2). Меньший вклад в суммарное загрязнение вносят Cd (K_C от 0,2 до 1,6), Ni (K_C от 0,3 до 1,8), Mn (K_C от 0,2 до 1,4) и Cr (K_C от 0,3 до 1,4). Эти результаты сходны с результатами исследования озёр в верхнем течении реки Янцзы, окруженных урбандолинами, поскольку также обнаруживают сильное загрязнение донных отложений свинцом, цинком и медью [16, р. 804–805].

Результаты расчёта суммарного показателя химического загрязнения почв береговой полосы и донных отложений прудов г. Самары представлены на рисунке 2.



Рисунок 1 – Карта-схема расположения изучаемых прудов на территории г. Самары

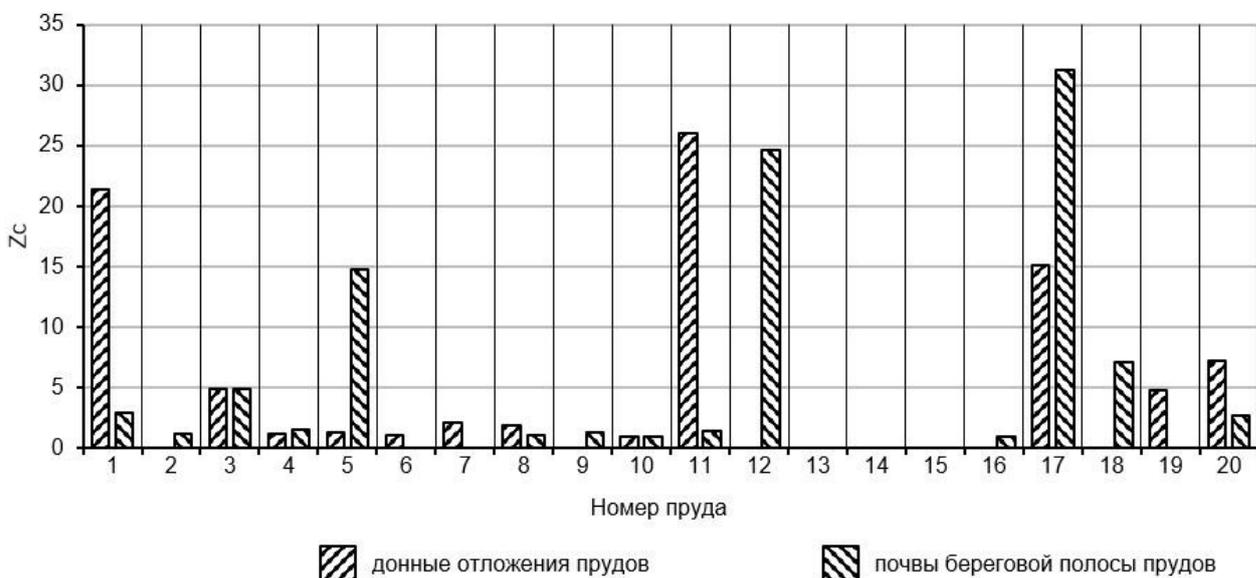


Рисунок 2 – Значения суммарного показателя химического загрязнения (Z_c) для почв береговой полосы и донных отложений прудов г. Самары

Из рисунка 2 следует, что загрязнение ТМ почв береговой полосы и донных отложений 16 прудов из 20 рассматриваемых является допустимым, поскольку их Z_c не превышает 16 единиц. Это свидетельствует о безопасности данных водных объектов для здоровья городского населения. Пруды под номерами 1, 11 и 12 характеризуются умеренно опасным загрязнением тяжёлыми металлами (Z_c от 16 до 22). И только 1 пруд, находящийся в районе бывшего Ипподрома (№ 17), имеет высокий уровень загрязнения береговых почв (Z_c более 32) в связи с близким расположением крупных транспортных автомагистралей, сервисных центров по обслуживанию автотранспорта и длительным (на протяжении 74 лет) существованием конно-спортивного центра, способствовавшего обогащению данной территории органикой.

На основе массива полученных аналитических данных были рассчитаны средние уровни содержания тяжёлых металлов в почвах береговой полосы и донных отложениях прудов г. Самары (табл. 1). Эти показатели дают обобщённую картину загрязнения ТМ прудов и примыкающих к ним участков на протяжении всей истории их существования.

Данные таблицы показывают, что донные отложения сильнее обогащены Cr, Ni и особенно Cu, Zn, Pb и Cd, чем почвы береговой полосы, но в них слабее накапливается Mn. Сравнение средних значений с фоновыми концентрациями также выявило более активное накопление Pb, Zn и Cu в донных отложениях прудов по сравнению с почвами береговой полосы. Тем не менее, S. Rognerud с соавт. [17, р. 731], исследуя химический состав донных отложений и аллювиальных почв озёр южной Норвегии, обнаружили, что на участках со значительным загрязнением атмосферы концентрации Cd, Pb и Zn изменяются

сильнее в аллювиальных почвах, чем в донных отложениях.

Расположение водоёмов на водоразделе и волжском склоне обуславливает различия между ними в особенностях аккумуляции ТМ, в частности в скорости и направленности поверхностного и внутрипочвенного водного стока в пределах водосбора каждого из изучаемых прудов (рис. 3).

В почвах береговой полосы прудов на водоразделе содержание практически всех анализируемых химических элементов не превышает фоновый уровень. Исключение составляет Pb, концентрация которого выше фона в 1,2 раза. Донные отложения прудов на этой территории не превышают фон по содержанию Mn, Cr, Ni и Cd, но концентрация Cu, Zn и Pb в них выше фона в 1,3–2,8 раза. На волжском склоне в почвах береговой полосы прудов все анализируемые элементы присутствуют в концентрациях, не превышающих фон. Наиболее близка к фоновому показателю только концентрация Pb. В донных отложениях ниже уровня фона содержание Mn, Cr, Ni и Cd, тогда как концентрации Cu, Zn и Pb в 1,5–3,1 раза превышают фон.

В целом на водораздельном участке города в почвах береговой полосы прудов активнее, чем в донных отложениях, накапливаются Mn и Ni. По остальным элементам (Cr, Cu, Zn, Pb, Cd) лидируют донные отложения. На волжском склоне все химические элементы, кроме Mn, интенсивнее накапливаются в донных отложениях. Среди изученных химических элементов повышенным накоплением характеризуются Cu, Zn, Pb в донных отложениях прудов как на водоразделе, так и на волжском склоне. Уровень содержания тяжёлых металлов (за исключением Pb) в почвах береговой полосы не превышает фон и на водоразделе, и на волжском склоне.

Таблица 1 – Средние значения концентраций тяжёлых металлов в мг/кг воздушно-сухого вещества (верхнее число) и их средние коэффициенты концентрации (нижнее число) в почвах береговой полосы и донных отложениях прудов г. Самары

Вариант	Элемент, мг/кг (коэффициент концентрации)						
	Mn	Cr	Ni	Cu	Zn	Pb	Cd
Почвы береговой полосы	394,98 (0,75)	30,14 (0,81)	36,28 (0,68)	28,96 (0,90)	82,98 (0,79)	19,63 (1,09)	0,86 (0,39)
Донные отложения	280,57 (0,53)	32,78 (0,88)	38,58 (0,73)	44,62 (1,39)	238,42 (2,27)	52,92 (2,94)	1,12 (0,51)

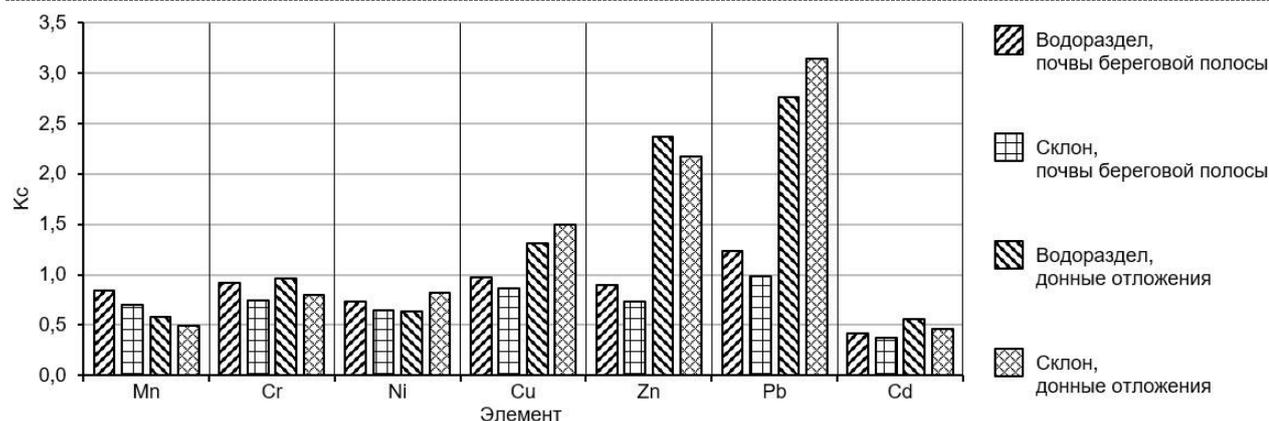


Рисунок 3 – Коэффициенты концентрации (K_c) тяжёлых металлов в почвах береговой полосы и донных отложениях прудов на водоразделе и волжском склоне

Представленные средние значения коэффициентов концентрации изучаемых элементов позволяют заключить, что накопление металлов в донных отложениях прудов происходит интенсивнее, чем в почвах береговой полосы примерно в 1,1–3,2 раза. Вероятно, это связано с миграцией тяжёлых металлов с поверхностным и внутрипочвенным стоком в воду близлежащих прудов, откуда элементы за счёт процессов седиментации попадают в донные отложения и адсорбируются ими [18, р. 24; 19, р. 1959; 20, р. 975, 977]. Более высокие значения коэффициентов концентраций наблюдаются для Cu, Zn и Pb. Концентрации Mn, Cr, Ni и Cd в целом находятся в пределах фоновых значений, что говорит об отсутствии или незначительном поступлении этих веществ в почву в результате техногенеза. Почвы береговой полосы прудов, находящихся на водоразделе, активнее накапливают ТМ, чем почвы береговой полосы прудов на волжском склоне. Очевидно, заметный уклон местности является причиной вымывания химических элементов из почв береговой полосы с поверхностным и внутрипочвенным стоком. Часть элементов попадает в пруды, аккумулируясь в донных отложениях, часть распределяется в почвах окружающих и нижележащих территорий, излишки уходят в Саратовское водохранилище. Для донных отложений не выявлена однонаправленная тенденция. В донных отложениях на водоразделе активнее накапливаются Mn, Cr, Zn и Cd, на Волжском склоне – Ni, Cu и Pb.

Заключение

В почвах береговой полосы и донных отложениях 20 изученных прудов г. Самары содержатся Mn, Cr, Ni, Cu, Zn, Pb и Cd, присутствие которых характерно как для местных почвообразующих пород, так и для потоков загрязнения от техногенных источников города.

Уровень загрязнения прудов ТМ в целом невысокий. Так, из 20 изученных прудов 16 прудов можно считать незагрязнёнными, 3 пруда загрязнены ТМ умеренно, 1 пруд имеет высокий уровень загрязнения почв береговой полосы. Наиболее загрязнённым является пруд в районе бывшего Ипподрома. Основной вклад в суммарное загрязнение изученных водных объектов вносят Cu, Zn и Pb.

По сравнению с почвами береговой полосы донные отложения городских прудов обогащены всеми анализируемыми элементами, за исключением Mn, который активнее накапливается в почвах береговой полосы. При этом содержание Mn, Cr, Ni и Cd в почвах береговой полосы и донных отложениях не превышает фоновые показатели; напротив, содержание Cu, Zn и Pb в большинстве отобранных проб выше фоновых уровней или равно им. Накопление ТМ в анализируемых компонентах прудов, как правило, определяется положением водных объектов в рельефе городской территории.

Список литературы:

1. Xu Y., Wu Y., Han J., Li P. The current status of heavy metal in lake sediments from China: pollution and ecological risk assessment // *Ecological and Evolution*. 2017. Vol. 7, iss. 14. P. 5454–5466. DOI: 10.1002/ece3.3124.

2. Стасюк Д.А. К вопросу о значимости определения понятий «пруд» и «обводненный карьер» в Водном кодексе Российской Федерации // *Государство и право: теория и практика: мат-лы II междунар. науч. конф.* (г. Чита, март 2013 г.). Чита: Молодой ученый, 2013. С. 48–51.

3. Сеницкий А.В., Захаров Е.В., Герасимов Ю.Л. Современное экологическое состояние некоторых прудов г. Самары // *Вестник СамГУ. Естественнонаучная серия*. 2003. Второй спец. выпуск. С. 192–208.

4. Матвеев В.И., Гейхман Т.В., Соловьева В.В. Самарские пруды как объект ботанических экскурсий: учеб. пособие. Самара: Изд-во Самарского гос. пед. ун-та, 1995. 44 с.

5. Практикум по агрохимии: учеб. пособие. 2-е изд., перераб. и доп. / под ред. В.Г. Минеева. М.: Изд-во МГУ, 2001. 689 с.

6. ПНД Ф 12.1:2.2:2.3.2-03. Отбор проб почв, грунтов, осадков биологических очистных сооружений, шламов промышленных сточных вод, донных отложений искусственно созданных водоемов, прудов-накопителей и гидротехнических сооружений. М.: ООО МТФ «Хромос», ФБУ «ФЦАО», 2014. 14 с.

7. Sedykh E.M., Starshinova N.P., Bannykh L.N., Ershova E.Yu., Venisyanov E.V. Determination of heavy metals and their speciation in waters and bottom sediments of water reservoirs using inductively coupled plasma atomic emission spectrometry and electrothermal atomic absorption spectrometry // *Journal of Analytical Chemistry*. 2000. Vol. 55, iss. 4. P. 344–349.

8. ПНД Ф 16.1:2.3:3.11-98. Количественный химический анализ почв. Методика выполнения измерений содержания металлов в твердых объектах методом спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой. М.: Центр исследования и контроля воды, 2005. 28 с.

9. Forstner U. Lake sediments as indicators of heavy-metals pollution // *Naturwissenschaften*. 1976. Vol. 63, iss. 10. P. 465–470. DOI: 10.1007/bf00624575.

10. Aliff M.N., Reavie E.D., Post S.P., Zanko L.M. Anthropocene geochemistry of metals in sediment cores from the Laurentian Great Lake // *PeerJ*. 2020. Vol. 8. DOI: 10.7717/peerj.9034.

11. МУ 2.1.7.730-99. Почва, очистка населенных мест, бытовые и промышленные отходы, санитарная охрана почвы. М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 1999.

12. Ежегодник. Загрязнение почв Российской Федерации токсикантами промышленного происхождения в 2016 г. Обнинск: ФГБУ НПО «Тайфун», 2017. 100 с.

13. Анохина О.К. Экологическое нормирование содержания загрязняющих веществ в донных отложениях Куйбышевского водохранилища: автореф. дис. ... канд. хим. наук: 03.00.16. Казань, 2004. 25 с.

14. Тихомиров О.А., Марков М.В. Накопление тяжёлых металлов в донных отложениях аквальных комплексов водохранилища сезонного регулирования стока // *Учёные записки Казанского государственного университета. Естественные науки*. 2009. Т. 151, кн. 3. С. 143–152.

15. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований): учебник. Изд. 6-е, стер. М.: Альянс, 2011. 351 с.

16. Zeng H., Wu J. Heavy metal pollution of lakes along the mid-lower reaches of the Yangtze River in China: intensity, sources and spatial patterns // *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2013. Vol. 10, iss. 3. P. 793–807. DOI: 10.3390/ijerph10030793.

17. Rognerud S., Hongve D., Fjeld E., Ottesen R.T. Trace metal concentrations in lake and overbank sediments in southern Norway // *Environmental Geology*. 2000. Vol. 39, iss. 7. P. 723–732. DOI: 10.1007/s002540050486.

18. Harikrishnan N., Ravisankar R., Suresh Gandhi M., Kanagasabapathy K.V., Prasad M.V.R., Satapathy K.K. Heavy metal assessment in sediments of east coast of Tamil Nadu using energy dispersive X-ray fluorescence spectroscopy // *Radiation Protection and Environment*. 2017. Vol. 40, iss. 1. P. 21–26. DOI: 10.4103/rpe.rpe_67_16.

19. Beutel M.W., Leonard T.M., Dent S.R., Moore B.C. Effects of aerobic and anaerobic conditions on P, N, Fe, Mn and Hg accumulation in waters overlying profundal sediments of an oligo-mesotrophic lake // *Water Research*. 2008. Vol. 42, iss. 8–9. P. 1953–1962. DOI: 10.1016/j.watres.2007.11.027.

20. Eggleton J., Thomas K.V. A review of factors affecting the release and bioavailability of contaminants during sediment disturbance events // *Environment International*. 2004. Vol. 30, iss. 7. P. 973–980. DOI: 10.1016/j.envint.2004.03.001.

Информация об авторе(-ах):	Information about the author(-s):
<p>Прохорова Наталья Владимировна, доктор биологических наук, профессор кафедры экологии, ботаники и охраны природы; Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва (г. Самара, Российская Федерация). E-mail: natali.prokhorova.55@mail.ru.</p> <p>Бугров Сергей Вячеславович, аспирант кафедры экологии, ботаники и охраны природы; Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва (г. Самара, Российская Федерация). E-mail: sergey25101993@mail.ru.</p> <p>Макарова Юлия Владимировна, кандидат биологических наук, доцент кафедры экологии, ботаники и охраны природы; Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва (г. Самара, Российская Федерация). E-mail: aconithum@yandex.ru.</p> <p>Герасимов Юрий Леонидович, кандидат биологических наук, доцент кафедры экологии, ботаники и охраны природы; Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва (г. Самара, Российская Федерация). E-mail: yuger55@list.ru.</p> <p>Платонов Игорь Артемьевич, доктор технических наук, профессор, декан физического факультета, заведующий кафедрой химии; Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва (г. Самара, Российская Федерация). E-mail: pia@ssau.ru.</p> <p>Горюнов Максим Глебович, кандидат химических наук, инженер кафедры химии; Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва (г. Самара, Российская Федерация). E-mail: maxim_goryunov@mail.ru.</p>	<p>Prokhorova Nataliya Vladimirovna, doctor of biological sciences, professor of Ecology, Botany and Nature Protection Department; Samara National Research University (Samara, Russian Federation). E-mail: natali.prokhorova.55@mail.ru.</p> <p>Bugrov Sergey Vyacheslavovich, postgraduate student of Ecology, Botany and Nature Protection Department; Samara National Research University (Samara, Russian Federation). E-mail: sergey25101993@mail.ru.</p> <p>Makarova Yulia Vladimirovna, candidate of biological sciences, associate professor of Ecology, Botany and Nature Protection Department; Samara National Research University (Samara, Russian Federation). E-mail: aconithum@yandex.ru.</p> <p>Gerasimov Yuri Leonidovich, candidate of biological sciences, associate professor of Ecology, Botany and Nature Protection Department; Samara National Research University (Samara, Russian Federation). E-mail: yuger55@list.ru.</p> <p>Platonov Igor Artemyevitch, doctor of technical sciences, professor, dean of Physical Faculty, head of Chemistry Department; Samara National Research University (Samara, Russian Federation). E-mail: pia@ssau.ru.</p> <p>Goryunov Maksim Glebovich, candidate of chemical sciences, engineer of Chemistry Department; Samara National Research University (Samara, Russian Federation). E-mail: maxim_goryunov@mail.ru.</p>

Для цитирования:

Прохорова Н.В., Бугров С.В., Макарова Ю.В., Герасимов Ю.Л., Платонов И.А., Горюнов М.Г. Тяжёлые металлы в почвах береговой полосы и донных отложениях прудов города Самары // Самарский научный вестник. 2022. Т. 11, № 4. С. 91–96. DOI: 10.55355/snv2022114113.