

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.

Федеральное государственное унитарное предприятие  
«Федеральный экологический оператор»

Федеральный научно-образовательный консорциум  
«Передовые ЭкоТехнологии»

## **ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ПРОМЫШЛЕННЫХ ГОРОДОВ**

**Сборник научных трудов**

Под редакцией д-ра биол. наук, профессора Е.И. Тихомировой

**Саратов 2021**

УДК 504.05:504.06

Э40

Экологические проблемы промышленных городов: сборник научных трудов по материалам 10-й Международной научно-практической конференции. Саратов: ООО «Амирит», 2021. 430 с. ISBN 978-5-00140-767-6

Сборник научных статей составлен на основе материалов 10-й Международной научно-практической конференции «Экологические проблемы промышленных городов», которая проводилась 26-28 апреля 2021 г. на базе СГТУ имени Гагарина Ю.А. совместно с Федеральным государственным унитарным предприятием «Федеральный экологический оператор» и Федеральным научно-образовательным консорциумом «Передовые ЭкоТехнологии».

В сборнике представлены работы, в которых рассматриваются следующие вопросы: экологические, экономические и социальные проблемы загрязнения территорий промышленных городов отходами производства и потребления; методологические аспекты экологического мониторинга опасных промышленных объектов и прогнозирование состояния территорий; разработка инновационных методов экологической реабилитации техногенно нарушенных территорий; правовые и экономические аспекты экологической политики в сфере утилизации отходов и обеспечения экологической безопасности территорий промышленных городов; экологические технологии в строительстве, транспорте, энергетике и водном хозяйстве, экологическое архитектурное планирование; современные информационные технологии в экологическом мониторинге опасных промышленных объектов и территорий промышленных центров; современные методы выявления экотоксикантов в объектах окружающей среды и оценка их воздействия на экосистемы и здоровье человека; моделирование рисков здоровью населения промышленных городов.

Предназначается для научных работников, преподавателей, аспирантов и студентов, специализирующихся в области экологии.

Редакционная коллегия:

доктор биологических наук, профессор Е.И. Тихомирова (отв. редактор);  
кандидат биологических наук, доцент О.В. Абросимова  
(зам. отв. редактора)

ISBN 978-5-00140-767-6

© СГТУ имени Гагарина Ю.А., 2021

4. Ефимова, Н. В. Медико-экологические риски современного города / Н. В. Ефимова, Н. И. Маторова, В.А. Никифорова и др. – Братск: ГОУ ВПО «БрГУ», 2008. – 200 с.

5. Никифорова, В.А. Экология и здоровье молодого поколения Восточной Сибири / В.А. Никифорова, Т.Г. Перцева, Е.А. Прохоренко, А.А. Никифорова. – Братск: ГОУ ВПО «БрГУ», 2014. – 91 с.

**V.A. Nikiforova, S.F. Lapina, M.A. Vardanyan**

Bratsk State University, Russia

### **ASSESSMENT OF THE PUBLIC HEALTH RISK FROM ATMOSPHERIC AIR POLLUTION IN THE CITY OF BRATSK**

The article is devoted to the consideration of environmental problems of air pollution. The analysis of the data of monitoring observations at stationary posts of the urbanized territory of Bratsk is presented. The assessment of the level of atmospheric air pollution by the content of the average annual concentrations at stationary posts of the city for the period from 2015 to 2019 is presented. The levels of risk to public health are determined. To study non-carcinogenic effects, the reference dose approach was used, and hazard coefficients were calculated. It was found that the non-carcinogenic risk ranges from 0.03 to 3.6.

Key words: atmospheric air, pollution, average annual concentrations, risk, health.

**А.Ю. Опекунов, М.Г. Опекунова, С.Ю. Кукушкин**

Санкт-Петербургский государственный университет, Россия

### **МЕТАЛЛЫ В ИЛОВЫХ ВОДАХ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ РЕК САНКТ-ПЕТЕРБУРГА**

В иловых водах донных отложений водотоков Санкт-Петербурга установлены высокие содержания металлов и металлоидов (Zn, Cu, Ni, Co, Pb, Cd, Cr, As). Максимальные концентрации превышают фоновые значения в  $10^2$ - $10^3$  раз. Вблизи сброса сточных вод с производства свинцово-кислотных аккумуляторов в р. Екатерингофка содержание Pb в иловой воде достигает 1,71 мг/л. Высокие концентрации других металлов установлены в иловых водах р. Черная Речка (Cd – 65,4 мкг/л; Co – 137; Ni – 545 мкг/л), что обусловлено низкими значениями pH иловых вод (5,78). Сравнение содержания ТММ в воде и твердой фазе осадков показало высокую корреляцию между ними, за исключением Cu и As.

Ключевые слова: иловая вода, металлы и металлоиды, донные осадки.

Состояние урбанизированных водных объектов в крупных промышленных центрах является одним из лимитирующих факторов качества городской среды. Многолетние сбросы неочищенных

сточных вод приводят к частичной или полной деградации аквальных экосистем. Прекращение сбросов, как правило, не приводит к ремедиации водоема из-за развития процессов вторичного загрязнения, вызванного техногенными илами [1]. Извлечение отложений сопряжено с проблемой их утилизации или безопасного захоронения. При дампинге отложений в подводные отвалы велики риски загрязнения акваторий, что обусловлено высокой подвижностью поллютантов в составе твердой и жидкой фаз техногенных илов. Целью настоящих исследований является изучение состава металлов и металлоидов (ТММ) в жидкой фазе (иловой воде) отложений урбанизированных водотоков Санкт-Петербурга.

Определение содержания ТММ (Zn, Cu, Ni, Co, Pb, Cd, Cr, As) в донных осадках и иловых водах выполнено в Центральной лаборатории ВСЕГЕИ им. А.П. Карпинского методом ИСП МС. Образцы донных осадков подвергались полному кислотному вскрытию.

Современное осадконакопление в водотоках центральной части Санкт-Петербурга проходит в режиме техноседиментогенеза [2]. Донные отложения характеризуются значительной степенью загрязнения поллютантами [3], а также отличаются высокой токсичностью [4]. Для изучения разреза техногенных илов в реках Екатерингофка, Черная Речка и Охта отобраны колонки отложений: Черная Речка – 66 см, Екатерингофка – 56 см, р. Охта – 90 см. В качестве условного фона рассматривались пробы донных осадков (0-5 см) в среднем течении р. Нева.

Черная Речка протекает на северо-западе города через жилые застройки промышленную зону и впадает в Большую Невку. Отбор проб проведен вблизи сбросов предприятий приборостроения, производства красок и абразивных материалов. Река Екатерингофка вытекает из Невы и впадает в Невскую губу. Вблизи станции отбора проб находится предприятие по производству свинцово-кислотных аккумуляторов. Р. Охта пересекает промышленную зону с большим количеством действующих и ликвидированных в последние годы предприятий разных отраслей промышленности, включая предприятия дерево- и металлообработки, химической промышленности, производящие лакокрасочные материалы, и впадает в Неву. Отбор проб выполнен на устьевом участке.

Среднее валовое содержание в твердой фазе техногенных илов отражает крайне высокий уровень концентрации Co, Zn, Cu, Pb и As в р. Екатерингофка (табл.). Максимальное содержание Cd, Cr и Ni установлено в отложениях р. Черная Речка. Осадки р. Охта характеризуются относительно низким содержанием изученных ТММ.

Валовое содержание ТММ (мг/кг) в техногенных осадках водотоков

ТММ	Черная Речка (n=16)		Охта (n=24)		Екатерингофка (n=11)	
	среднее	min-max	среднее	min-max	среднее	min-max
Cr	422	116-1300	59,4	37,2-112	229	139-358
Co	23,3	8,93-65,3	9,22	6,62-13,5	85,5	23,5-280
Ni	103	39,1-357	30,7	24,3-45,7	67,2	50,7-95,8
Cu	259	71,5-456	87,2	59,3-158	348	213-632
Zn	626	188-1170	381	203-1200	954	684-1610
Cd	61,2	12,9-228	2,78	0,84-16,6	26,1	8,11-56,5
Pb	352	88,4-1660	71,0	34,2-202	3063	656-11100
As	5,28	3,11-8,48	4,47	3,52-6,92	7,75	3,95-15,1

В иловых водах рН меняется от слабокислых до слабощелочных. В иловой воде условно-фоновой пробы окрашен 7,35. Слабокислые воды установлены в осадках р. Черная Речка (рН 5,32-5,78). Иловые воды р. Охта имеют рН 6,65-7,00. В р. Екатерингофка установлены нейтральные и слабощелочные показатели (рН 6,73-7,85) и отмечается повышение рН вниз по разрезу. В рр. Охта и Черная Речка закономерности изменения рН не выявлены. TDS иловых вод городских водотоков значительно превосходит фоновые значения (185 мг/л). Наибольшая минерализация установлена в иловой воде рр. Екатерингофка (690-3460 мг/л) и Черная Речка (1270-2590 мг/л). В осадках р. Охта TDS ниже – 369-933 мг/л. В изученных колонках проявляется закономерность роста минерализации воды вниз по разрезу. В целом величина TDS отвечает степени загрязнения донных осадков.

Содержание изученных ТММ в иловой воде характеризуются очень высокими концентрациями (рис.). Об этом свидетельствуют результаты изучения состава иловых вод урбанизированных водотоков нашей стране [5] и за рубежом [6, 7 и др.]. Сравнение максимальных содержаний ТММ с условно-фоновыми значениями позволяет построить следующие ряды снижения коэффициента концентрации (в скобках) для изученных рек:

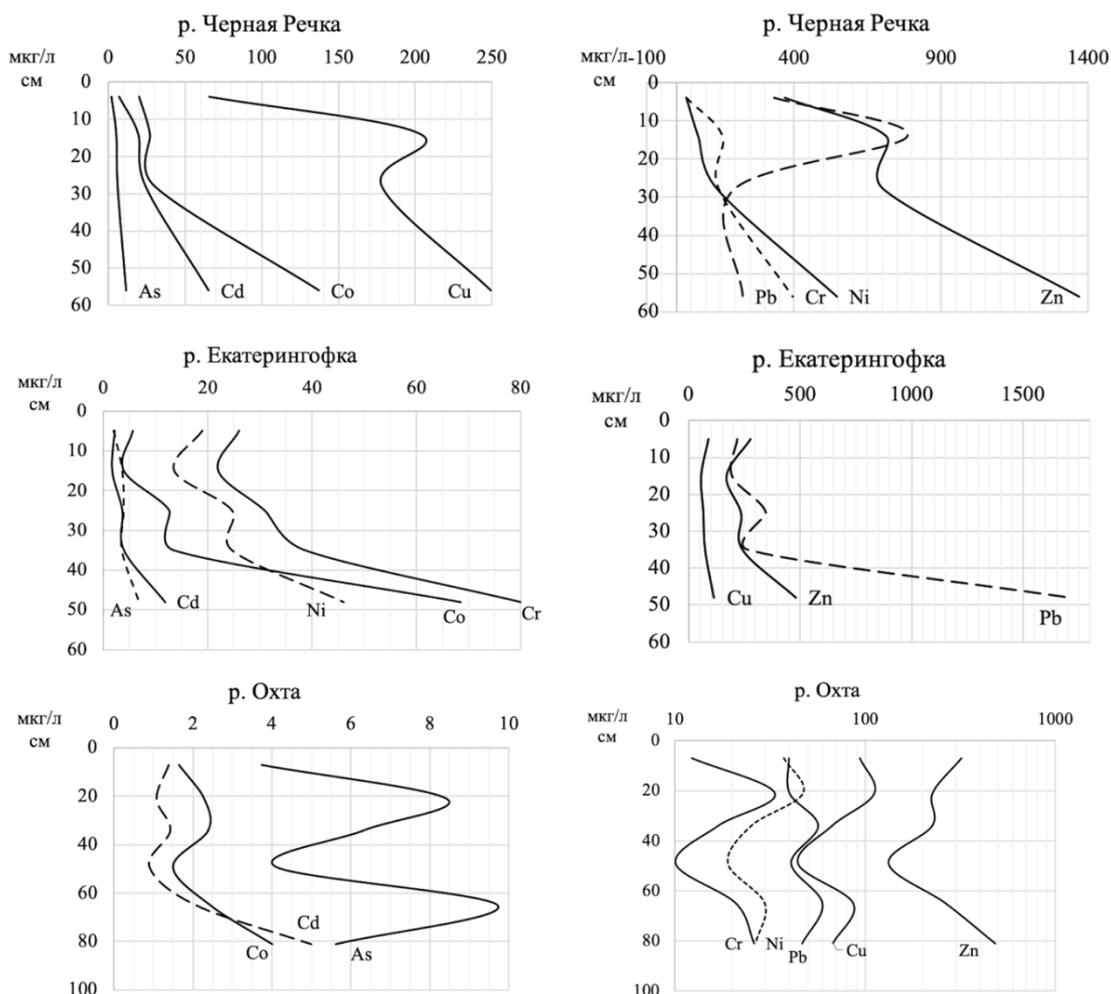
Черная Речка – Cd(102)>Co(66)>Ni(54)>Cr(45)>Pb(19)>Zn(13)>Cu(5)>As(4);

Охта – Cd(7,8)>Ni(4,7)~Zn(4,7)>Cr(3,8)>As(3,5)>Cu(2,4)>Co(1,9)>Pb(1,5);

Екатерингофка – Pb(42)>Co(33)>Cd(18)>Cr(9)>Zn(5)>Ni(4,6)>As(2,5)>Cu(2).

Наиболее высокий уровень содержания ТММ в иловых водах установлен в р. Черная Речка, хотя валовое содержание металлов в донных отложениях ниже, чем в р. Екатерингофка. Вероятно, это связано с низкими значениями рН иловых вод, что создает благоприятные условия для миграции в истинном растворе, особенно катионогенных элементов. В р. Екатерингофка и Черная Речка рост содержания ТММ в воде наблюдается вниз по разрезу. В некоторых урбанизированных водотоках [5], отмечается обратная тенденция, что связано с формированием восстановительных сероводородных условий в нижней части разреза и отложением металлов в сульфидах. В изученных реках при низком

содержании  $SO_4^{2-}$  формируются восстановительные глеевые условия, благоприятные для нахождения металлов в растворе и снижающие вероятность образования сульфидов. Содержание ТММ в воде и твердой фазе осадков имеет достоверную положительную корреляцию, за исключением Cu и As. Таким образом, высокий уровень загрязнения иловых вод техногенных илов несет в себе высокие риски вторичного загрязнения *in-situ*, при проведении дноочистных работ и дампинге грунтов в подводные отвалы.



Содержание ТММ в иловых водах разреза осадков изученных рек (Черная Речка – n=4; Екатерингофка – n=5; Охта – n=6)

Исследования проведены при поддержке гранта РФФИ № 19-05-00508.

### Литература

1. Опекунов А.Ю. Аквальный техноседиментогенез. Труды ВНИИОкеангеология, т. 208, СПб, Наука, 2005. 278 с.

2. Опекунов А.Ю., Митрофанова Е.С., Шейнерман Н.А. Особенности техногенного осадконакопления в водотоках центральной части Санкт-Петербурга // Биосфера, т. 6, № 3, 2014. С. 250-256.
3. Опекунов А.Ю., Митрофанова Е.С., Опекунова М.Г. Техногенная трансформация состава донных отложений рек и каналов Санкт-Петербурга // Геоэкология. Инженерная геология. Гидроэкология. Геокриология, 2017, № 4. С. 48-61.
4. Опекунов А.Ю., Митрофанова Е.С., Спасский В.В., Опекунова М.Г., Шейнерман Н.А., Чернышова А.В. Химический состав и токсичность донных отложений малых водотоков Санкт-Петербурга // Водные ресурсы, т. 47, № 2, 2020. С. 196-207.
5. Lesven L., Lourino-Cabana B., Billon G., Recourt P., Ouddane B., Mikkelsen O., Boughriet A. On metal diagenesis in contaminated sediments of the Deûle river (northern France). *Applied Geochemistry*, 25, 2010. P. 1361–1373.
6. Song J., Yang X., Zhang J., Long Y., Zhang Y., Zhang T. Assessing the Variability of Heavy Metal Concentrations in Liquid-Solid Two-Phase and Related Environmental Risks in the Weihe River of Shaanxi Province, China // *Int. J. Environ. Res. Public Health* 12, 2015. P. 8243-8262.
7. Янин Е.П. Техногенные речные илы (условия формирования, вещественный состав, геохимические особенности). М: НП «АРСО», 2018. 415 с.

**A.Yu. Opekunov, M.G. Opekunova, S.Yu. Kukushkin**

St. Petersburg State University, Russia

## **METALS IN THE PORE WATER OF BOTTOM SEDIMENTS OF THE RIVERS OF SAINT PETERSBURG**

In the pore waters of bottom sediments of the rivers of St. Petersburg, high concentrations of metals and metalloids (HMM – Zn, Cu, Ni, Co, Pb, Cd, Cr, As) have been established. The maximum concentrations exceed the background values by  $n \cdot 10$ - $10$ -times. In the Yekateringofka river near the production of lead-acid batteries, the Pb content in the pore water is 1.71 mg/l. High concentrations of other metals were found in the pore waters of the lower horizons of the Chernaya Rechka (Cd – 65.4  $\mu\text{g/L}$ ; Co – 137; Ni – 545  $\mu\text{g/L}$ ), which is due to low pH values of pore waters (5.78). The HMP content in water and in the solid phase of sediments has a high correlation, with the exception of Cu and As.

Key words: pore water, metals and metalloids, bottom sediments.

**О.А. Плотникова, Е.И. Тихомирова, Г.В. Мельников**

Саратовский государственный технический университет  
имени Гагарина Ю.А., Россия

## **СПЕКТРОСКОПИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В ЭКОЛОГИЧЕСКОМ МОНИТОРИНГЕ ПАУ**

Полициклические ароматические углеводороды (ПАУ) являются известными экотоксикантами, содержание которых необходимо обязательно контролировать в объектах окружающей среды. Основными недостатками современных методов является