

УДК 574.63

doi:10.23968/2305–3488.2017.21.3.35–48

Смирнов Ю. Д., Сучкова М. В.

**КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОД
МУРИНСКОГО РУЧЬЯ В Г. САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ**

UDC 574.63

doi:10.23968/2305–3488.2017.21.3.35–48

Smirnov Yu. D., Suchkova M. V.

**A COMPLEX ASSESSMENT OF THE ECOLOGICAL CONDITION OF WATERS
MURINSKY CREEK****Аннотация**

В статье дана комплексная оценка экологического состояния вод Муринского ручья (притока реки Охты, впадающей в реку Неву) в черте города Санкт-Петербурга. В ходе работы применены следующие методы оценки состояния водоемов: биотестирование проб воды, методы гидрохимического анализа (спектрофотометрия, атомно-эмиссионная спектрометрия, жидкостная хроматография), а также методы аэрофотомониторинга. Обработка эмпирических данных выполнена при помощи картографирования объекта исследования. Сочетание применяемых в данной работе методов исследования может быть использовано для экологической оценки степени загрязнения поверхностных водоемов различных категорий пользования.

Информация о состоянии поверхностных вод, полученная в ходе исследования с использованием описанных методов может быть использована, в том числе, для акцентирования внимания на проблемах загрязнения конкретных водоемов и водотоков, что в дальнейшем может приблизить момент принятия решения о проведении необходимых средозащитных мероприятий.

Данная работа выполнена при поддержке На-

Abstract

The article provides a complex assessment of the ecological condition of waters Murinsky Creek within the city of St. Petersburg. The following methods of assessment the state of water bodies were used: biotesting of water samples, hydrochemical methods of analysis (spectrophotometry, atomic emission spectrometry, liquid chromatography) and aerial monitoring. For the processing of empirical data were used mapping of the object of study. The combination of these research methods can be used for the environmental assessment of the degree of pollution of surface water bodies of different categories.

Information on the status of surface water obtained in the study can be used to focus attention on pollution problems specific water bodies and watercourses. It may bring the time of the decision to conduct necessary environment protection events.

This work was supported by the Scientific and Educational Center for the Collective Use of High-Tech Equipment "The Center for Collective Use" of the St. Petersburg Mining University, the Government of St. Petersburg and the President's Grant.



учно-образовательного центра коллективного пользования высокотехнологичным оборудованием «Центр коллективного пользования» ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет», Правительства Санкт-Петербурга и Гранта Президента РФ.

Ключевые слова: биотестирование, гидрохимические методы анализа, картографирование, предельно допустимые концентрации, степень загрязненности водных объектов.

Авторы

Смирнов Юрий Дмитриевич

кандидат технических наук, доцент кафедры геоэкологии ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет»
E-mail: ckr@spmi.ru
Тел.: 8 (921) 332-34-49

Сучкова Марина Вячеславовна

студент 3 курса кафедры геоэкологии ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет»
E-mail: cjgreykot@gmail.com
Тел: 8 (931) 533-03-62

Keywords: biotesting, hydrochemical methods of analysis, mapping, maximum permissible concentration, degree of contamination of water bodies.

Authors

Yuriy Dmitrievich Smirnov

Ph.D. of Engineering Sciences, associate professor at the Department of Geoecology Mining University
E-mail: ckr@spmi.ru
Tel.: 8 (921) 332-34-49

Marina Vyacheslavovna Suchkova

student at the Department of Geoecology Mining University
E-mail: cjgreykot@gmail.com
Tel: 8 (931) 533-03-62

Роль реки Невы как главной водной артерии Ленинградской области и основного источника водоснабжения города федерального значения Санкт-Петербурга и множества его пригородов нельзя недооценить. Однако, несмотря на активную деятельность канализационных очистных сооружений города, экологическое состояние реки и прочих водоемов и водотоков города может находиться под угрозой за счет несанкционированного сброса загрязненных сточных вод. Наибольшее негативное влияние на водную среду в городской черте оказывают предприятия жилищно-коммунального хозяйства; также большой вклад в загрязнение вносит хозяйственная деятельность промышленных предприятий.

Немалую роль в привнесении поллютантов в Неву играет деятельность ее многочисленных притоков, протекающих по территории города. Так, сложная экологическая ситуация сложилась с Муринским ручьем, расположенным в Калининском районе Санкт-Петербурга на территории Муринского парка. Водоем является притоком реки Охты, которая, в свою очередь, впадает в Неву. Еще в середине 20 века он был достаточно популярен среди населения района как место отдыха и рыбной ловли, однако сейчас внушает

все меньше и меньше. Имеющиеся данные, наблюдения специалистов и собственный опыт доказывают необходимость более тщательного подхода к вопросу экомониторинга с целью местного решения проблемы загрязнения не только данного водоема, но и реки Невы в целом, так как статус Муринского ручья как открытого канализационного стока означает, что ливневые стоки, сбросы промышленных предприятий и жилищно-коммунального хозяйства, выпадающие в него, не проходят соответствующей очистки и с течением попадают сначала в Охту, а затем и в Неву, повышая степень загрязнения ее вод и их токсичность.

Целью работы является экологическая оценка степени загрязнения вод Муринского ручья в черте Санкт-Петербурга с использованием биохимических методов.

В данной работе за основу взяты результаты исследований проб воды по органолептическим и гидрохимическим показателям, а также по общему уровню токсичности. Кроме того, используются также данные аэрофотомониторинга объекта исследования.

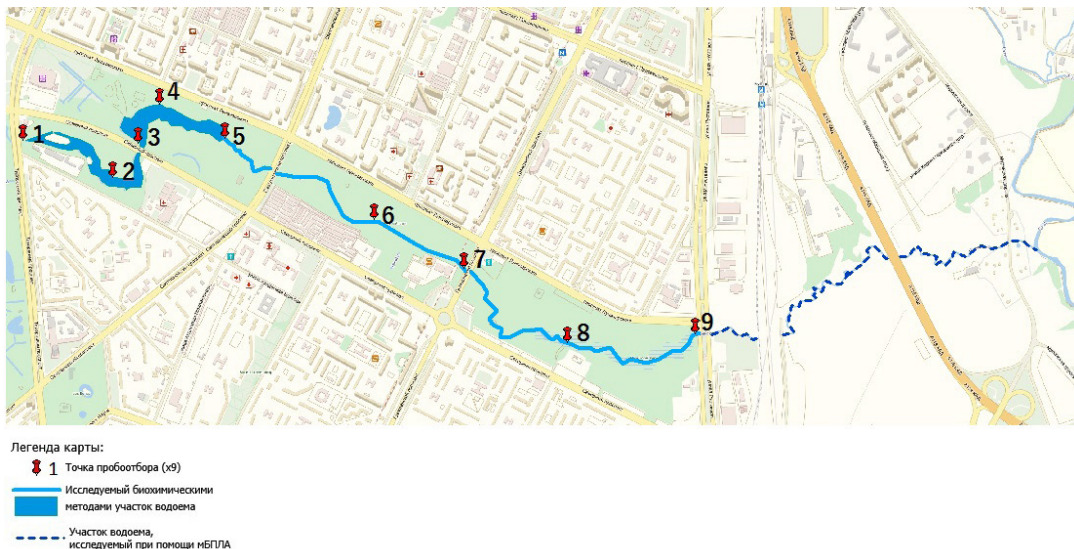


Рис. 1 Карта-схема объекта исследования (масштаб 1:20000)

Муринский ручей – правый приток реки Охта, протекает на территории Калининского района города Санкт-Петербурга. Общая длина ручья 9 км, размер водоохранной зоны 50 м [1]. Ширина водоема колеблется от 140 до 4 м. Исследуемый при помощи биохимических методов участок составляет в длину 5 км – от истока (Тихорецкий проспект) до водосброса



(улица Руставели). Предварительная фотофиксация вероятных локальных источников загрязнения выполнена в апреле 2016 г. На основе визуальной оценки территории на данном участке выделено 9 контрольных точек с учетом доступности их для проведения пробоотбора (рис. 1).

Далее русло ручья протекает через труднодоступную промышленную зону, поэтому для оценки состояния водоема в данной области (4 км от ул. Руставели до впадения в р. Охту) используются данные исследований, полученные с использованием методов экологического мониторинга посредством малогабаритных беспилотных летательных аппаратов самолетного типа (мБЛА-С).

Отбор проб производился 14 июля 2016 года с 16:00 ч. до 23:00 ч. (Мск). Погодные условия: малооблачно, $+16\div 18$ °С, ветер западный от 1 до 2 м/с.

Определение таких органолептических показателей, как запах и цветность, выполнено на месте взятия проб. По данным диагностики все пробы обладают отчетливым запахом, вплоть до очень сильного (4–5 баллов), что не соответствует санитарно-гигиеническим требованиям к свойствам поверхностных водных объектов (интенсивность запаха при непосредственном обнаружении не должна превышать 2 баллов) [10]. Характер проявления запаха в основном соответствует запаху гниения, нефтепродуктов и металла, в порядке убывания интенсивности, что позволяет предположить загрязнение водоема органическими веществами, нефтепродуктами и железом.

Определение цветности проб выполнено методом визуального сравнения с эталонами установленных градусов цветности при помощи тест-комплекта «Крисмас+», Россия («Цветность»). У всех проб отмечен оранжево-желтый оттенок, интенсивность которого равномерно снижается от насыщенного оранжевого (100° цветности) для 1 пробы к бледно-желтому (20° цветности) для 9 пробы. Подобный оттенок характерен для воды, имеющей повышенное содержание железа.

Поскольку метод биотестирования позволяет провести экспресс-оценку природной среды и выявить наиболее загрязненные участки акватории, оправдано его использование до химического анализа. В работе применяется методика определения токсичности воды по изменению оптической плотности культуры водоросли хлорелла (*Chlorella vulgaris* Beijer) [7]. Методика основана на регистрации различий в величине оптической плотности D тест-культуры водоросли хлорелла, выращенной на среде, не содержащей токсических веществ (контроль) и тестируемых проб воды, в которых эти вещества могут присутствовать.

Для проведения биотестирования использована проба воды из нескольких точек, ниже приведены результаты оценки контрольной точки

№1. Испытание токсичности проводилось 15–16 июля 2016 г. Относительная разница величины оптической плотности для каждого разведения по сравнению с контролем I рассчитана по формуле 1:

$$I = \frac{D_k - D_o}{D_k} * 100\% \quad (1)$$

где D_k и D_o – средние значения оптической плотности в контроле и в опыте, соответственно.

Критерием токсичности пробы воды является снижение средней величины оптической плотности по сравнению с контрольным вариантом на 20% и более в случае подавления роста тест-культуры или ее повышение на 30% и более при стимуляции ростовых процессов.

Качество тестируемой воды устанавливается на основе ее токсикологических характеристик через величину токсичной кратности разбавления вод. Для этого из результатов биотестирования разведений пробы воды, кратных трем, выбирают то разбавление, для которого рассчитанный по формуле (1) индекс отклонения I превысил критерий токсичности воды.

Величина токсичной кратности разбавления ТКР вод и водных вытяжек, если превышен критерий токсичности в виде 20 % подавления роста, рассчитывается по формуле 2:

$$\text{TKP} = 10^{\frac{(\lg P_6 - \lg P_m) * (I_M - 0,2)}{I_M - I_6}} + \lg P_m \quad (2)$$

где P_6 – величина разбавления (большая), при которой индекс отклонения был ниже критерия токсичности; P_m – величина разбавления (меньшая), при которой индекс отклонения был выше критерия токсичности; I_6 и I_m – величины соответствующих этим разбавлениям индексов отклонения в росте, выраженных в долях.

Критерием токсичности пробы воды в данном случае является снижение средней величины оптической плотности по сравнению с контрольным вариантом на 20% и более при подавлении роста тест-культуры. Результаты представлены в табл. 1.

Токсикологические характеристики тестируемой пробы воды соответствуют гипертоксичности. Поскольку максимальная установленная величина разбавления тестируемой воды, при которой превышен критерий токсичности – 81 раз, для данной пробы невозможно рассчитать величину ТКР. На основании полученных данных можно сделать предварительный вывод о присутствии в пробе загрязнителей в концентрациях, не позволяющих нормально функционировать тест-объекту.



Таблица 1. Результаты биотестирования пробы с использованием тест-культуры водоросли хлорелла

№ пробы	Кратность разбавления	№ повторности	Оптическая плотность D	D_{cp}	$I, \%$	Оказывает (не оказывает) острое токсическое действие
Контроль	0	1	0,526	0,5075	0	–
		2	0,545			
		3	0,450			
		4	0,509			
1	1	1	0,001	0,0023	+99,65	оказывает
		2	0,013			
		3	0,002			
		4	0,004			
2	3	1	0,002	0,0025	+99,51	оказывает
		2	0,001			
		3	0,006			
		4	0,001			
3	9	1	0,004	0,0040	+99,21	оказывает
		2	0,004			
		3	0,001			
		4	0,007			
4	27	1	0,023	0,0185	+96,36	оказывает
		2	0,017			
		3	0,018			
		4	0,016			
5	81	1	0,029	0,0286	+94,34	оказывает
		2	0,027			
		3	0,026			
		4	0,033			

На участках, где методами биотестирования были выявлены какие-либо отклонения и известна токсичность исследуемой среды, уже аналитическим путем необходимо установить причины этого явления. Применение методов оценки степени загрязненности проб воды по гидрохимическим показателям позволяет сделать выводы о качестве воды одновременно по широкому перечню загрязнителей и показателей, классифицировать воду по степени загрязненности, подготовить аналитическую информацию для представления государственным органам и заинтересованным организациям в удобной, доступной для понимания, научно обоснованной форме.

Количественный показатель для определения степени загрязнения воды – предельно допустимые концентрации (ПДК). Муринский ручей относится ко второй категории водопользования, поскольку находится в черте населенного пункта (водоем культурно-бытового назначения) (ГН 2.1.5.1315-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования»). Таким образом, содержание химических веществ в водоемах данной категории регламентируется СанПиН 2.1.5.980-00 «Гигиенические требования к охране поверхностных вод». Все пробы проанализированы по ряду гидрохимических показателей (всего 15).

Для определения содержания нитрит-ионов используется метод спектрофотометрии (с использованием кюветных тестов Lange с пакетированными реагентами Nach (LCK) и спектрофотометра Nach-Lange DR 5000 (США)). Определение содержания растворенного кислорода (методом Винклера) и содержания хлоридов (методом Мора) выполнено при помощи тест-комплектов «Крисмас+» (Россия). Анализ содержания следующих катионов: Al^{3+} , Ba^{2+} , Ca^{2+} , Fe (общее), Mg^{2+} , Mn^{2+} , Na^+ , Sr^+ , Zn^{2+} выполнен методом атомно-эмиссионной спектрометрии с использованием оптического эмиссионного спектрометра параллельного действия с индуктивно-связанной плазмой ICPE-9000 (Япония); содержания анионов: F^- , Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} – методом жидкостной хроматографии с использованием жидкостного хроматографа LC-20 Prominence (Япония). Содержание нефтепродуктов и фенолом получено при помощи флуориметрического метода анализа (с использованием анализатора жидкости «Флюорат-02-3М» (Россия)).

Для значений концентраций основных загрязняющих веществ C_i (мг/дм³) каждой из 9 проб было проведено сравнение с соответствующими значениями ПДК для водоемов культурно-бытового назначения. Для оценки степени загрязнения пробы тем или иным поллютантом рассчитаны кратности превышения ПДК_{к6} β_i по формуле 3:

$$\beta_i = \frac{C_i}{ПДК_i} \quad (3)$$

При этом определение кратности нарушения норматива для растворенного в воде кислорода осуществляется по формуле 4:

$$\beta_i = \frac{ПДК_i}{C_i} \quad (4)$$



Исходя из расчетов β_i (на основании только результатов анализа проб, где наблюдается превышение ПДК_{кб}), также вычислены значения удельного комбинаторного индекса загрязнения воды УКИЗВ.

По каждому поллютанту определены следующие характеристики:

Повторяемость случаев загрязненности α_p , т.е. частота обнаружения концентраций, превышающих ПДК (формула 5):

$$\alpha_i = \frac{n'_i}{n_i} * 100\% \quad (5)$$

где n'_i – число результатов анализа по i -му ингредиенту, в которых содержание или значение их превышает соответствующие ПДК;

n_i – общее число результатов анализа по i -му ингредиенту.

По значению повторяемости определен характер загрязненности воды по устойчивости загрязнения и методом линейной интерполяции рассчитан частный оценочный балл по повторяемости S_{air} .

По значению средней кратности превышения ПДК определен уровень загрязненности воды и методом линейной интерполяции определен частный оценочный балл по кратности превышения $S_{\beta i}$.

Обобщенный оценочный балл S_i по каждому поллютанту рассчитан по формуле 6:

$$S_i = S_{air} * S_{\beta i} \quad (6)$$

Большому его значению соответствует более высокая степень загрязненности воды. Критическим показателем загрязненности считается такой показатель, для которого $S_i \geq 9$. В данном случае число КПЗ воды F равно 1 (Fe (общ.)).

Затем были определены комбинаторный индекс КИЗВ S (формула 7) и удельный комбинаторный индекс загрязненности воды УКИЗВ S' (формула 8):

$$S = \sum_{i=1}^{N_i} S_i \quad (7)$$

$$S' = \frac{S}{N_i} \quad (8)$$

где N_i – количество учтенных ингредиентов.

Классификация качества воды по степени загрязненности осуществлена с учетом КИЗВ, УКИЗВ, числа КПЗ воды F , коэффициента запаса k (формула 9) (рассчитывается при $F \leq 5$), количества учтенных ингредиентов.

$$k = 1 - 0,1 * F \quad (9)$$

Расчет УКИЗВ и классификация качества водотока по степени загрязненности как часть комплексного анализа проб воды по гидрохимическим показателям выполнены согласно РД 52.24.643-2002 «Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям». Результаты расчетов приведены в табл.2.

Таблица 2. Результаты расчета УКИЗВ и определения уровня загрязненности водотока

№ пробы	Кратность превышения ПДК _{кв} βi				
	Al ³⁺	Fe	Mn ²⁺	O ₂	НП
1	4,9	17,4	3,1	1,3	0,8
2	1,3	7,6	3	1,3	1
3	1	6,7	4,3	0,9	0,6
4	0,8	6,2	2,4	1,7	0,8
5	1	7,1	1,7	2,4	0,7
6	0	4,6	2,2	1,8	1
7	0	6,7	2,6	1,5	1,3
8	0,5	7,1	2,6	1,5	1,4
9	0	6,7	1,9	2,1	1,3
α _i , %	44,4	100,0	100,0	88,9	55,6
S _{ai}	3,72	4,00	4,00	4,00	4,00
Характеристика загрязненности воды	характерная	устойчивая			
β _{ср}	2,1	7,8	2,6	1,7	1,2
S _{βi}	2,01	2,72	2,08	2,03	1,20
Характеристика уровня загрязненности	средний				низкий
S _i	7,46	10,89	8,32	8,10	4,80
S	39,58				
S'	7,92				
F	1				
k	0,9				
Характеристика состояния загрязненности воды по значению КИЗВ	грязная (класс 4)				
Характеристика состояния загрязненности воды по значению УКИЗВ	очень грязная (класс 4 разряд «в»)				

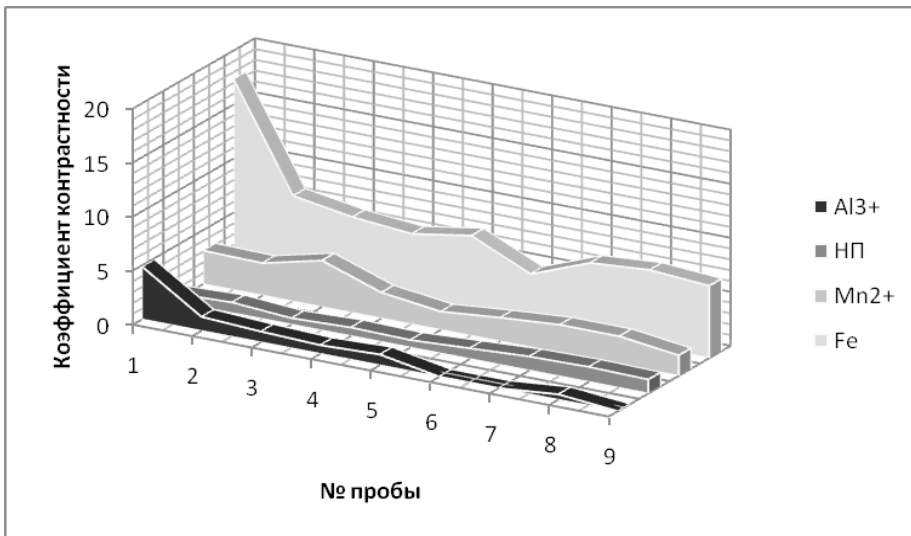


Рис. 2. Области воздействия основных загрязняющих веществ

На основе полученных при комплексном анализе качества воды по гидрохимическим показателям данных смоделирована область воздействия и распространения загрязняющих веществ, чьи концентрации превышают соответствующие ПДК_{кб} (Al³⁺, Fe, Mn²⁺ и нефтепродукты) (рис. 2).

Для оценки состояния водоема в отдельных труднодоступных зонах использованы данные исследований, полученных с применением методов экологического мониторинга посредством малогабаритных беспилотных летательных аппаратов самолетного типа (мБЛА-С) [8].

Аппаратный комплекс дистанционно-контактного мониторинга использовался в городской подсистеме РСЧС по обеспечению экологической безопасности акватории р. Невы и её притоков и может быть внедрён в промышленных агломерациях и на производственных объектах для оперативного контроля состояния природной среды. Комплекс является экологически эффективным и экономически целесообразным, так как повышает оперативность контроля, достоверность предоставляемой информации при снижении трудозатрат на проведение исследований.

Основные технико-эксплуатационные характеристики комплекса для аппарата самолетного типа:

- а) масса мБЛА-С – 5,5 кг;
- б) размах крыльев мБЛА-С – 2,6 м;
- в) продолжительность полета – 1 час;

г) диапазон скоростей полета – 30–70 км/ч;

д) дальность действия (дальность приема-передачи информации) – до 10 км;

и) аппаратура полезной нагрузки – цифровой фотоаппарат и цифровая видеокамера.

Полеты в районе мониторинга выполнялись 6 мая 2013 г. во временной интервал с 13:00 ч. до 14:00 ч. (Мск). Погодные условия: небольшая облачность, без осадков, температура воздуха 16°C, ветер – 5 м/с (на рабочей высоте – порядка 10 м/с). При выезде в район мониторинга выполнен площадный облет территории с выполнением аэрофотосъемки района; проведена предварительная оценка материалов аэрофотосъемок и последующая «сшивка» полученных фотоснимков в аэрофотоплан. На основе последнего был установлен ряд загрязнений, в частности, наличие строительного и бытового мусора, факт попадания нефтепродуктов и сильно загрязненных дождевых вод в водоем и т. д.

Биотестирование и работы по комплексной оценке степени загрязненности проб по гидрохимическим показателям выполнены на базе Научно-образовательного центра коллективного пользования высокотехнологичным оборудованием «Центр коллективного пользования» ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет».

Математическая и статистическая обработка эмпирических данных, полученных в ходе исследования, произведены при помощи статистических методов посредством программы Microsoft Excel. В работе используются карта-схема (на основе сервиса Яндекс.Карты – Народная карта) и космоснимок (на основе сервиса BingMaps) местности, полученные при помощи программы Sas Planet. Для последующей обработки изображений используется программа MapInfo Professional.

По данным оценки состояния водоема по органолептическим показателям сделан предварительный вывод о возможности загрязнения Муринского ручья органическими веществами, нефтепродуктами и железом. При дальнейшей работе это было подтверждено на основании проведенного количественного анализа ряда гидрохимических показателей.

На основе полученных при комплексном анализе качества воды по гидрохимическим показателям данных смоделирована область воздействия и распространения загрязняющих веществ, чьи концентрации превышают соответствующие предельно допустимые (в зависимости от назначения водоема или водотока).



Превышение ПДКкб зафиксировано для следующих поллютантов:

- Al^{3+} – в т(очках).1–3 и 5 со значениями β 4,9–1,0 (средний уровень загрязненности); снижение концентрации Al^{3+} вниз по течению ручья говорит о том, что возможный источник загрязнения металлом находится либо выше по течению, либо в районе т.1; в дальнейшем происходит разбавление концентрации загрязняющего вещества. Повышенное содержание алюминия в указанных точках может быть вызвано вымыванием его соединений из почв лесопарковой зоны, территория которой является питающей для истока водоема.

- Fe (общ.) – во всех точках, с β 17,4–4,6 (средний уровень загрязненности); повышенное содержание железа в водоеме может объясняться наличием его непосредственно в стоках. Поскольку Муринский ручей имеет болотное питание, повышенное содержание железа также обусловлено наличием его комплексов с солями гуминовых кислот – гуматами.

- Mn^{2+} – во всех точках, с β 4,3–1,7 (средний уровень загрязненности); повышенное содержание Mn^{2+} в т.3 может быть также объяснено вымыванием накопившегося ранее металла из почв на данном участке.

- содержание нефтепродуктов – в т. 2 и 6–9 со значениями β 1,4–1,0 (низкий уровень загрязненности); повышенное содержание нефтепродуктов обусловлено загрязнением от близлежащих улиц с повышенным трафиком, а также нескольких автозаправочных станций, расположенных в непосредственной близости от водоема. Кроме того, согласно данным аэрофотосъемки, присутствует загрязнение нефтепродуктами от объектов промышленного или складского назначения, а также водостоков вблизи КАД.

- также в т.6–9 зафиксировано снижение содержания растворенного кислорода ниже соответствующего норматива (4 мг/дм^3) со значениями показателя $3,2\text{--}2,8 \text{ мг/дм}^3$ (средний уровень загрязненности).

Гипотеза о наличии органического загрязнения подтверждается также результатами органолептического исследования и фактом снижения уровня растворенного кислорода, поскольку причиной этого может являться процесс расходования кислорода на биохимические процессы окисления.

Согласно рассчитанному значению УКИЗВ, воды Муринского ручья соответствуют разряду «в» 4 класса качества и характеризуются как «очень грязные». В зависимости от повторяемости случаев загрязнения водотока, влияние Al^{3+} отмечено как «характерное»; Fe (общ.), Mn^{2+} , нефтепродуктов, O_2 – как «устойчивое».

Сочетание применяемых в данной работе методов исследования может быть использовано для экологической оценки степени загрязнения поверхностных водоемов различных категорий пользования.

Информация о состоянии вод Муринского ручья, полученная в ходе исследования, предоставляет возможность вновь акцентировать внимание муниципальных органов управления и ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» на этой проблеме. В дальнейшем это может приблизить момент принятия решения о проведении необходимых средозащитных мероприятий и возведении локальных очистных сооружений как в районе Охты, так и непосредственно Муринского ручья, что было запланировано ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» еще в 2009 году (по данным РОСБАЛТ Петербург). В частности, среди обязательных средозащитных мероприятий следует отметить необходимость проведения дноочистительных работ с целью предотвращения дальнейшей миграции загрязняющих веществ из донных отложений в толщу воды.

Литература

1. (2016). *Водный кодекс Российской Федерации* от 03.06.2006 № 74-ФЗ (ред. от 31.10.2016).
2. (2003). ГН 2.1.5.1315-03 «*Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования*»
3. (2012). ГОСТ 31867-2012 «*Вода питьевая. Определение содержания анионов методом хроматографии и капиллярного электрофореза*».
4. (2012). ГОСТ 31870-2012 «*Вода питьевая. Определение содержания элементов методами атомной спектроскопии*».
5. (2012). ПНД Ф 14.1:2:4.128-98 «*Количественный химический анализ вод. Методика измерений массовой концентрации нефтепродуктов (НП) в пробах природных (включая морские), питьевых и сточных вод флуориметрическим методом на анализаторе жидкости «ФЛЮОРАТ-02»*».
6. (2010). ПНД Ф 14.1:2:4.182-02 «*Методика измерений массовой концентрации фенолов (общих и летучих) в пробах природных, питьевых и сточных вод флуориметрическим методом на анализаторе жидкости «ФЛЮОРАТ-02»*».
7. (2004). ПНД Ф Т 14.1:2:4.10-2004 «*Методика определения токсичности питьевых, природных и сточных вод, водных вытяжек из почв, осадков сточных вод и отходов производства и потребления по изменению оптической плотности культуры водоросли хлорелла (*Chlorella vulgaris* Beijer)*».
8. Пашкевич, М.А. (2014). Оценка качества окружающей среды с применением малогабаритных беспилотных летательных аппаратов, *Записки Горного института*, т. 204, С.272–275.
9. РД 52.24.643-2002 «*Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям*».
10. Муравьев, А. Г. (ред.). (2011). *Руководство по анализу воды. Питьевая и природная вода, почвенные вытяжки*. СПб.: «Крисмас+», 264 с.
11. (2002). СанПиН 2.1.5.980-00 «*Гигиенические требования к охране поверхностных вод*».



References

1. (2016). «Vodnyj kodeks Rossijskoj Federacii» ot 03.06.2006 N 74-FZ (red. ot 31.10.2016) [“Water Code of the Russian Federation” of 03.06.2006 N 74-FZ (as amended on October 31, 2016)] (in Russian).
2. (2003). GN 2.1.5.1315-03 «Predel'no dopustimye koncentracii (PDK) himicheskikh veshhestv v vode vodnyh ob'ektov hozjajstvenno-pit'evogo i kul'turno-bytovogo vodopol'zovanija» [GN 2.1.5.1315-03 Hygienic standards «Maximum permissible concentration (MPC) of chemicals in water bodies of drinking and cultural household uses»] (in Russian).
3. (2012). GOST 31867-2012 «Voda pit'evaja. Opredelenie sodержanija anionov metodom hromatografii i kapilljarnogo jelektroforeza» [«Drinking water. Determination of anions content by ion chromatography and capillary electrophoresis methods»] (in Russian).
4. (2012). GOST 31870-2012 «Voda pit'evaja. Opredelenie sodержanija jelementov metodami atomnoj spektrometrii» [«Drinking water. Determination of the content of elements by atomic spectrometry»] (in Russian).
5. (2012). PND F 14.1:2:4.128-98 «Kolichestvennyj himicheskij analiz vod. Metodika izmerenij massovoj koncentracii nefteproduktov (NP) v probah prirodnyh (vkljuchaja morskije), pit'evyh i stochnyh vod fluorimetricheskim metodom na analizatore zhidkosti “FLJUORAT-02”» [«Quantitative chemical analysis of waters. Method for performing measurements of the mass concentration of petroleum products in samples of natural, drinking, waste water with a fluorimetric method on the Fluorat-02 liquid analyzer»] (in Russian).
6. (2002). PND F 14.1:2:4.182-02 (izd. 2010 goda) «Metodika izmerenij massovoj koncentracii fenolov (obshhij i letuchij) v probah prirodnyh, pit'evyh i stochnyh vod fluorimetricheskim metodom na analizatore zhidkosti “FLJUORAT-02”» [PND F 14.1:2:4.182-02 (2010 edition) “The method of measurement of the mass concentration of phenols in samples of natural, drinking and waste water with a fluorimetric method on the Fluorat-02 liquid analyzer»] (in Russian).
7. (2004). PND F T 14.1:2:4.10-2004 «Metodika opredelenija toksichnosti pit'evyh, prirodnyh i stochnyh vod, vodnyh vytjazhek iz pochv, osadkov stochnyh vod i othodov proizvodstva i potreblenija po izmeneniju opticheskoi plotnosti kul'tury vodorosli hlorella (Chlorella vulgaris Beijer)» [«Toxicological analysis methods. The method of determining the toxicity of drinking water and waste water, water extracts from soils, sewage sludge and waste of production and consumption on the change in optical density of the culture of algae (Chlorella vulgaris Beijer)»] (in Russian).
8. Pashkevich, M. A. (2014). Ocenka kachestva okružhayushchej sredy s primeneniem malogabaritnyh bespilotnyh letatel'nyh apparatov [Estimation of quality of environment with the use of small pilotless aircrafts], Zapiski Gornogo instituta [Proceedings of the Mining Institute], vol. 204. pp. 272–275. (in Russian).
9. (2002). RD 52.24.643-2002 «Metod kompleksnoj ocenki stepeni zagrijaznennosti poverhnostnyh vod po gidrohimicheskim pokazateljam» [«The method of integrated assessment of the degree of contamination of surface water on hydrochemical indicators»] (in Russian).
10. Muravev, A. G. (ed.). (2011). Rukovodstvo po analizu vody. Pit'evaja i prirodnaia voda, pochvennye vytjazhki [A guide to water analysis. Drinking and natural water, soil extracts]. St. Petersburg: “Krismas+”, 264 p. (in Russian).
11. (2000). SanPiN 2.1.5.980-00 «Gigienicheskie trebovanija k ohrane poverhnostnyh vod» [«Hygienic requirements for the protection of surface waters»] (in Russian).