

ЭКОЛОГИЯ / ECOLOGY

DOI: <https://doi.org/10.23649/JAE.2023.34.9>

ОЦЕНКА НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ АГЛОМЕРАЦИИ «ИЖОРСКИЕ ЗАВОДЫ» НА КОМПОНЕНТЫ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

Научная статья

Асаев М.Т.^{1,*}, Петров Д.С.²

² ORCID : 0000-0001-9101-7972;

^{1,2} Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (marat-asaev[at]yandex.ru)

Аннотация

Статья посвящена оценке негативного воздействия «Ижорских заводов» на компоненты природной среды. «Ижорские заводы» – крупная промагломерация с неоднородной структурой, на её территории находится ряд различных промышленных предприятий. В ходе исследования были проведены отборы проб природной воды, донных отложений, почвы и снега в районе воздействия промагломерации, а также проведен анализ содержания загрязняющих веществ в исследуемых пробах. Итоговые результаты показали превышение допустимых концентраций ряда тяжелых металлов и других загрязняющих веществ. Полученные данные позволяют сделать выводы об особенностях негативного воздействия промышленной агломерации «Ижорские заводы» на природную среду в данном районе.

Ключевые слова: Ижорские заводы, загрязнение, промышленность, тяжёлые металлы.

AN EVALUATION OF THE NEGATIVE IMPACT OF THE "IZHORA PLANTS" INDUSTRIAL AGGLOMERATION ON THE COMPONENTS OF THE NATURAL ENVIRONMENT

Research article

Asaev M.T.^{1,*}, Petrov D.S.²

² ORCID : 0000-0001-9101-7972;

^{1,2} Saint Petersburg Mining University, Saint-Petersburg, Russian Federation

* Corresponding author (marat-asaev[at]yandex.ru)

Abstract

The article is dedicated to an evaluation of the negative impact of "Izhora Plants" on the components of the natural environment. "Izhora Plants" is a large promagglomeration with a heterogeneous structure, on its territory there is a number of different industrial enterprises. During the study, samples of natural water, bottom sediments, soil and snow were taken in the area of impact of the industrial conglomeration, and the content of pollutants in the studied samples was analysed. The total results showed that the permissible concentrations of a number of heavy metals and other pollutants were exceeded. The obtained data allow to draw conclusions about the specifics of negative impact of industrial agglomeration "Izhora Plants" on the natural environment in this area.

Keywords: Izhora plants, pollution, industry, heavy metals.

Введение

Загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами – одна из важнейших экологических проблем современности. Загрязнение металлами оказывает пагубное воздействие на экосистемы вследствие их токсичности, персистентности и способности к аккумуляции в почве, водной среде и донных отложениях. К основным антропогенным источникам поступления тяжелых металлов относятся промышленные объекты горнодобывающей, металлургической, машиностроительной отраслей.

Оценка содержания тяжелых металлов в компонентах окружающей среды является особо сложной задачей для зон промышленных агломераций, где на ограниченной территории сосредоточены промышленные центры и узлы, объединяющие отраслевые и межотраслевые компании различного рода. Структура данных агломераций представляет собой неоднородное множество предприятий, занятых различными видами хозяйственной деятельности, которые не всегда связаны между собой. При этом системы производственного экологического контроля субъектов промагломерации могут отличаться, что не дает возможности объективной оценки совокупного влияния промышленности на окружающую среду.

«Ижорские заводы» – обширная промышленная территория общей площадью территории в 1303,9 гектара, расположенная в Колпинском районе города Санкт-Петербурга. Она включает в себя ряд независимых производств, в первую очередь, металлургии и машиностроения [1], [2].

К настоящему времени не производилась комплексная оценка влияния промагломерации на компоненты природной среды. Более того, у всей территории отсутствует общая санитарно-защитная зона [3].

Цель данной работы – оценить вклад «Ижорских заводов» в загрязнение компонентов природной среды.

Методы и принципы исследования

Суть работы заключается в отборе проб природной воды и донных отложений в реке Ижоре, а также отборе проб почв и снега в зоне воздействия промагломерации с последующим анализом подготовленных проб в аккредитованной лаборатории. Отбор проб проводился в 2022-2023 гг. Общая карта-схема отбора проб приведена на рисунке 1.



Рисунок 1 - Карта-схема с точками отбора проб воды, донных отложений, почв и снега:

«п» – пробы почвы; «в» – пробы поверхностных вод; «д» – пробы донных отложений; «с» – пробы снегового покрова
DOI: <https://doi.org/10.23649/JAE.2023.34.9.1>

Отбор проб природной воды осуществлялся в июле 2022 года на реке Ижора в трёх точках: выше по течению от зоны влияния промагломерации (точка 1в), в районе предполагаемого сброса сточных вод (точка 2в); ниже по течению, неподалёку от устья (точка 3в) (рис. 1). Отбор проб для определения общих анионов осуществлялся согласно действующим методикам, с глубины 0,2-0,3 м. На каждой точке отбиралось по три пробы (на стрежне и на расстоянии 3-4 м от каждого берега). Отдельно в тех же точках отбирались пробы для оценки содержания металлов. Данные пробы подвергались консервации азотной кислотой до значения $\text{pH} < 2$.

Пробы были проанализированы 28 июля на атомно-абсорбционном спектрометре Shimadzu GFA-7000 и на масс-спектрометре с индуктивно-связанной плазмой Shimadzu ICPE 9000, согласно [4] и [5]. В дальнейшем было проведено усреднение полученных значений для трех проб каждой точки и сравнение полученных значений с концентрациями загрязнителей в фоновой точке и нормативными предельно-допустимыми концентрациями (ПДК) согласно [6].

Отбор проб донных отложений осуществлялся дночерпателем Ван Вина в тех же точках, что и пробы воды, согласно [7]. Пробы отбирались в центральной части русла. В дальнейшем пробы были высушены до воздушно-сухого состояния и проанализированы методом рентгенофлуоресцентного анализа (РФА) на валовый химический состав элементов в образцах по [8] также 28 июля.

Отбор проб почв был осуществлён в 11 точках по периметру территории «Ижорских заводов» методом конверта по [9]. Пробоотбор проводился в сентябре 2022 года. На следующий день в пробах почв была замерена влажность с помощью влагомера модели «AND MX-50», затем пробы были высушены до воздушно-сухого состояния. Каждая проба почвы была проанализирована методом РФА по [8].

Отбор проб снега осуществлялся в конце снежного сезона (март 2023) с учётом уже имеющихся данных по анализу почвенного покрова. Пробы отбирались по трансекте в северо-северо-восточном направлении от границы промагломерации. Объем пробы воды после таяния при комнатной температуре составлял не менее 2 дм^3 . Также была отобрана одна фоновая точка примерно в трех километрах к востоку от города Колпино вне зоны влияния антропогенных источников. На следующий день после отбора талый снег был проанализирован методом атомно-абсорбционной спектрометрии с электротермической атомизацией по [4].

Результаты и обсуждение

3.1. Анализ проб воды и донных отложений

В таблице 1 представлены результаты анализа природной воды на основные анионы по 3 точкам, а также действующие нормативы содержания [4].

Таблица 1 - Результат анализа проб воды на анионы

DOI: <https://doi.org/10.23649/JAE.2023.34.9.2>

Анионы, мг/л	1в	2в	3в	ПДК
HCO ₃ ⁻	399,6	378,2	372,1	-
F ⁻	0,12 ± 0,02	0,17 ± 0,03	0,17 ± 0,03	0,75
Cl ⁻	28,6 ± 4,3	40,3 ± 8,1	41,7 ± 6,3	300
NO ₂ ⁻	0,21 ± 0,04	0,70 ± 0,14	0,56 ± 0,11	0,08
NO ₃ ⁻	11,3 ± 1,7	10,1 ± 1,5	6,26 ± 0,94	40
SO ₄ ²⁻	26,4 ± 4,0	29,0 ± 4,3	28,7 ± 4,3	100

Примечание: жирным шрифтом отмечены превышения норматива

Результаты анализа воды на анионы свидетельствуют о превышении содержания некоторых загрязняющих веществ по отношению к фону. Отмечено превышение содержания Cl⁻ в 1,41 и 1,46 раз соответственно для 2-й и 3-й точек относительно фона, а также NO₂⁻ в 3,33 и 2,67 раз для тех же точек. Превышение ПДК в водных объектах рыбохозяйственного водопользования зафиксировано только для NO₂⁻ во всех точках пробоотбора, что, в целом, характерно для водных объектов Санкт-Петербурга.

В таблице 2 представлены результаты анализа воды на металлы.

Таблица 2 - Результат анализа проб воды на металлы вместе с ПДК

DOI: <https://doi.org/10.23649/JAE.2023.34.9.3>

	Al ³⁺ мкг/л	Cr ³⁺ мкг/л	Cu ⁺ мкг/л	Fe ³⁺ мкг/л	K ⁺ мкг/л	Mn ²⁺ мкг/л	Na ⁺ мкг/л	Zn ²⁺ мкг/л	Ni ²⁺ мкг/л	Pb ²⁺ мкг/л	Mo ⁶⁺ мкг/л
1в	91,8	2,1	3,66	228	2880	19,9	1410 0	7,1	5,15	0,96	4,6
2в	382	0,62	6,93	3070	4,80	57,9	2230 0	17,0	7,39	6,85	5,7
3в	122	1,22	1,39	207	4310	64,3	2210 0	3,7	1,98	4,87	7,7
ПДК	40	20	1	100	1000 0	10	1200 00	10	10	6	1

Примечание: жирным шрифтом отмечены превышения норматива

Достоверное повышение концентраций в импактных условиях (точка 2) было отмечено для таких металлов, как Al³⁺, Cu⁺, Fe³⁺, K⁺, Mn²⁺, Na⁺, Zn²⁺, Ni²⁺, Pb²⁺ и Mo⁶⁺.

Превышение норматива отмечено для алюминия, меди, железа, марганца, цинка, свинца и молибдена. Высокое фоновое содержание Cu⁺, Fe³⁺ и Mn²⁺, в целом, характерно для притоков реки Невы, однако существенный рост концентраций этих и других металлов однозначно указывает на вклад промышленной агломерации в загрязнение водотока. Максимальные превышения отмечены для Fe³⁺ (30,7 ПДК), Al³⁺ (9,6 ПДК) во второй точке, а также для Mo⁶⁺ (7,7 ПДК) в третьей точке пробоотбора.

Для оценки последствий долговременного воздействия на экосистему реки, был проведен анализ проб донных отложений на валовое содержание элементов в образцах. Результат представлен в таблице 3. Содержание веществ анализировалось в воздушно-сухом состоянии образцов. Концентрации сравнивались с региональными нормативами для донных отложений [10], а также со значениями кларков в верхней части земной коры [12].

Таблица 3 - Валовый химический состав донных отложений

DOI: <https://doi.org/10.23649/JAE.2023.34.9.4>

№ пробы	1д	2д	3д	Региональные нормативы содержания (предельный уровень)	Кларк
Pb, мг/кг	19,60	21,2	60,6	530	17
Zn, мг/кг	73,20	52,9	77,7	480	75

Сu, мг/кг	55,70	124	36,7	35	39
Fe, мг/кг	10000,00	11900	15400	-	40600
Mn, мг/кг	298,40	375,1	227	-	770
Cr, мг/кг	78,30	66,1	68,1	380	92
K, мг/кг	17700,00	12400	20300	-	22300

Примечание: жирным шрифтом выделены превышения норматива и/или кларка

Анализ валового содержания металлов в донных отложениях реки Ижоры подтверждает вклад промагломерации в загрязнение водотока. В точках 2 и 3 увеличивается содержание всех металлов, за исключением хрома. Следует отметить, что наиболее значимо возрастают концентрации таких металлов, как Pb²⁺, Cu⁺, Fe³⁺ и Mn²⁺, относящихся к приоритетным поллютантам рассматриваемого источника. Сравнение концентраций с кларком и региональными нормативами указывает на повышенное содержание в отдельных пробах Zn²⁺, Pb²⁺ и, особенно, Cu⁺.

3.2. Анализ проб почвы

Каждая проба почвы была проанализирована методом РФА по [8]. Полученные результаты были пересчитаны с воздушно-сухого состояния на состояние изначальной влажности образцов почвы. Результаты анализов почв указаны с учётом изначальной влажности проб и представлены в таблице 4. Сравнение концентраций проводилось с действующими нормативами ПДК или ОДК [11], а также с кларками [12].

Таблица 4 - Концентрации валового содержания элементов в пробах почв с учётом влажности относительно ПДК/ОДК и кларка

DOI: <https://doi.org/10.23649/JAE.2023.34.9.5>

№ пробы	Pb, мг/кг	Zn, мг/кг	Сu, мг/кг	Fe, мг/кг	Mn, мг/кг	Cr, мг/кг	Ti, мг/кг	Влажность, %
1п	252,95	44,42	28,72	10527,90	425,27	91,61	1546,86	7,65
2п	53,66	126,42	98,13	30979,11	657,19	243,36	2074,82	40,31
3п	27,91	68,42	33,88	9078,48	233,10	74,73	2041,82	15,94
4п	59,27	92,23	41,33	13263,91	492,76	189,30	1863,08	23,33
5п	22,48	81,56	28,34	10356,12	298,96	113,36	1994,96	19,72
6п	22,26	48,56	22,26	10894,80	265,60	91,21	1782,86	22,18
7п	265,97	372,97	104,17	13696,41	406,03	204,30	1818,99	32,53
8п	46,61	72,70	180,17	117071,76	1983,51	1647,95	1407,47	6,79
9п	24,37	27,64	46,45	13984,38	282,06	51,06	2565,44	18,22
10п	31,07	64,40	25,41	12216,42	244,55	41,48	2415,38	24,59
11п	48,01	75,49	48,55	19006,88	314,56	62,43	2814,10	9,92
ПДК/ОДК	65,00	110,00	66,00	40000,00	1500,00	-	-	-
Кларк по [12]	17	75	39	40600	770	92	3900	-

Примечание: жирным шрифтом выделены превышения норматива и/или кларка

Результаты анализа показывают существенное загрязнение почвенного покрова тяжелыми металлами в окрестностях промышленного кластера. Следует отметить высокое содержание свинца во всех изученных пробах. Примерно в половине образцов наблюдаются превышения кларка по цинку, меди и хрому.

Наибольшее суммарное содержание металлов относительно кларка наблюдается в пробах 1п и 2п, отобранных к северо-востоку от промплощадки, а также в пробах 7п и 8п, расположенных южнее и к западу от промплощадки,

соответственно. Валовое содержание металлов в пробах 7п и 8п подвержено влиянию расположенной к западу Софийской улицы, а высокие концентрации свинца, цинка, меди, железа и хрома в пробах 1п и 2п могут быть обусловлены только влиянием территории «Ижорских заводов».

3.3. Анализ проб снега

Для выявления пространственного распределения содержания металлов в атмосферном воздухе, отбор почвенных проб был дополнен материалами снеговой съемки. Результаты анализа проб снега представлены в таблице 5. Результаты анализа свинца оказались ниже области определения, поэтому в таблице он не представлен. В качестве объекта сравнения (фона) была отобрана проба снега на значительном удалении от промышленных объектов и автодорог, примерно в 3 км восточнее г. Колпино.

Таблица 5 - Результаты анализа проб снега

DOI: <https://doi.org/10.23649/JAE.2023.34.9.6>

Номер пробы	Al, мкг/л	Cr, мкг/л	Cu, мкг/л	Fe, мкг/л	Mn, мкг/л	Zn, мкг/л
1с	35,4	1,3	3	123	58,7	12
2с	32,8	1,1	2,4	102	5	9,1
3с	35,4	1,6	1,3	98,3	6,9	6,9
4с	30	1,3	3,1	83,5	7,1	6,5
Фон	26,4	<1	2,2	79	5,8	6,2

По результатам анализа проб снега была выявлена тенденция к снижению концентрации металлов по мере удаления от промышленной агломерации. Особенно чётко прослеживается эта тенденция по Mn^{2+} , Fe^{3+} и Zn^{2+} . Если сравнивать концентрации загрязняющих веществ с концентрациями в фоновой точке, то можно отметить превышения по большинству обследованных показателей, что позволяет однозначно заключить о негативном воздействии промагломерации на качество природной среды. При этом, существенных концентраций металлов в талой воде не обнаружено, что объясняется климатическими факторами. Неравномерность периодов снегопадов и снеготаяния весной 2023 года, фактически, ограничили время аккумуляции металлов периодом в 10 дней.

Заключение

Был проведен отбор проб и анализ качества природной воды и донных отложений в реке Ижоре, а также почвенного покрова и снега в окрестностях промагломерации «Ижорские заводы». Результаты анализов позволили сформировать общее представление о роли промагломерации в загрязнении компонентов окружающей среды.

Пробы воды из реки Ижоры, отобранные в районе исследуемого объекта, отличались высокими концентрациями тяжелых металлов, таких как Pb^{2+} , Cu^{+} , Fe^{3+} и Mn^{2+} , что, очевидно, может привести к серьезным последствиям для живых организмов и экосистем в целом. Донные отложения также были загрязнены тяжелыми металлами. Это подтверждает длительное и системное воздействие на гидроэкосистему в форме непосредственного сброса сточных вод и аэротехногенного переноса поллютантов на водосборную территорию, что, в целом, является характерным для малых водотоков Санкт-Петербурга [13].

Оценка состояния почв вокруг промзоны показала наличие загрязнений, которые связаны с промышленной деятельностью «Ижорских заводов». Особенно сильно почвы загрязнены хромом, а некоторые территории также и медью, свинцом, железом и марганцем. Пространственное распределение концентрации с учетом преобладающих направлений ветра позволяет определить основным источником загрязнения промышленную агломерацию.

По результатам химического анализа проб снега был установлен пространственный градиент распределения тяжелых металлов в приземном слое атмосферы в течение непродолжительного времени. Установлено, что даже на расстоянии 2,5 км к северо-северо-востоку от промплощадки вследствие аэротехногенной миграции концентрации алюминия, хрома, меди, железа, марганца и цинка значительно превышают значения в фоновой пробе снега.

Таким образом, проведенное исследование показало, что промагломерация «Ижорские заводы» оказывает негативное воздействие на компоненты природной среды. Результаты анализов проб природной воды, донных отложений, почв и снега говорят о необходимости принятия мер для уменьшения выбросов и снижения загрязнения окружающей среды. Основной рекомендацией является организация единой санитарно-защитной зоны для всей промышленной территории, с созданием общей программы мониторинга состояния поверхностных вод, атмосферного воздуха и почв в зоне влияния «Ижорских заводов».

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Инвестиционный портал Санкт-Петербурга. — URL: <https://spbinvestment.ru/ru/investinfrastructure/zones/proizvodstvennaya-zona-izhorskije-zavody> (дата обращения: 1.09.2022)
2. Позаченюк Е.А. Территориальное планирование. Учебное пособие для студентов университетов, обучающихся по специальности «экология и охрана окружающей среды» - специализация «территориальное планирование» / Е.А. Позаченюк. — Симферополь: Таврический национальный университет им. В.И.Вернадского, 2006. — 183 с.
3. Публичная кадастровая карта. — URL: pkk.rosreestr.ru (дата обращения: 1.11.2022)
4. Национальный стандарт РФ ГОСТ Р 57162-2016 "Вода. Определение содержания элементов методом атомно-абсорбционной спектроскопии с электротермической атомизацией". — Введ. 2016-10-17. — М.: Стандартинформ, 2016. — 19 с.
5. М - 02-1109-08. Методика количественного химического анализа. Определение металлов в питьевой, минеральной, природной, сточной воде и в атмосферных осадках методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой с помощью спектрометра ICPE-9000. — Введ. 2009-09-10. — СПб: ООО «Аналит», 2009. — 21 с.
6. Приказ от 13 декабря 2016 г. N 552 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения» — Введ. 2016-12-13. — М.: Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, 2016. — 91 с.
7. Межгосударственный стандарт ГОСТ 17.1.5.01-80 "Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб донных отложений водных объектов для анализа на загрязненность" — Введ. 2023-06-03. — М.: ИПК Издательство стандартов, 1980. — 4 с.
8. ГОСТ 33850-2016. Межгосударственный стандарт почвы. Определение химического состава методом рентгенофлуоресцентной спектроскопии. — Введ. 2023-06-03. — М.: Стандартинформ, 2016. — 9 с.
9. Межгосударственный стандарт ГОСТ 17.4.4.02-2017 "Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа". — Введ. 2023-06-03. — М.: Стандартинформ, 2017. — 9 с.
10. Региональный норматив. Нормы и критерии оценки загрязненности донных отложений в водных объектах Санкт-Петербурга. — Введ. 1996-07-22. — СПб: Ленморниипроект, 1996. — 9 с.
11. Санитарные правила и нормы СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания" — Введ. 2021-01-28. — М.: Министерство юстиции Российской Федерации, 2021. — 469 с.
12. Григорьев Н.А. Распределение химических элементов в верхней части континентальной коры / Н.А. Григорьев — Екатеринбург: УРО РАН, 2009. — 382 с.
13. Kuznetsov V.S. Assessing the Environmental Condition of Minor Rivers in Urban Areas. / V.S. Kuznetsov, D.S. Petrov // Journal of Ecological Engineering. — 2017. — 18 (6). — p. 110-114. — DOI: 10.12911/22998993/76221

Список литературы на английском языке / References in English

1. Investicionnyj portal Sankt-Peterburga [Investment Portal of St. Petersburg]. — URL: <https://spbinvestment.ru/ru/investinfrastructure/zones/proizvodstvennaya-zona-izhorskije-zavody> (accessed: 1.09.2022). [in Russian]
2. Pozachenjuk Ye.A. Territorialnoe planirovanie. Uchebnoe posobie dlya studentov universitetov, obuchayushchikhsya po spetsialnosti «ekologiya i okhrana okruzhayushchei sredi» - spetsializatsiya «territorialnoe planirovanie» [Spatial Planning. A textbook for university students studying in the field of "Ecology and Environmental Protection" with a specialization in "Spatial Planning"] / Ye.A. Pozachenjuk. — Simferopol: Tauris National University named after Vernadsky, 2006. — 183 p. [in Russian]
3. Publichnaya kadastravaya karta [Public Cadastral Map]. — URL: pkk.rosreestr.ru (accessed: 1.11.2022) [in Russian]
4. Nacional'nyj standart RF GOST R 57162-2016 "Voda. Opredelenie soderzhaniya e'lementov metodom atomno-absorbcionnoj spektrometrii s e'lektrotermicheskoj atomizaciej" [National Standard of the Russian Federation GOST R 57162-2016 "Water. Determination of Element Content by Atomic Absorption Spectrometry with Electrothermal Atomization"]. — Introduced 2016-10-17. — M.: Standartinform, 2016. — 19 p. [in Russian]
5. М - 02-1109-08. Metodika kolichestvennogo ximicheskogo analiza. Opredelenie metallov v pit'evoj, mineral'noj, prirodnoj, stochnoj vode i v atmosfery'x osadkax metodom atomno-e'missionnoj spektrometrii s induktivno svyazannoj plazmoj s pomoshh'yu spektrometra ICPE-9000 [M - 02-1109-08. Method of quantitative chemical analysis. Determination of metals in drinking, mineral, natural, and waste water, as well as in atmospheric precipitation using the method of atomic emission spectroscopy with inductively coupled plasma using the ICPE-9000 spectrometer]. — Introduced 2009-09-10. — SPb: ООО «Аналит», 2009. — 21 p. [in Russian]
6. Prikaz ot 13 dekabrya 2016 g. N 552 «Ob utverzhenii normativov kachestva vodi vodnikh obektov ribokhozyaistvennogo znacheniya, v tom chisle normativov predelno dopustimikh kontsentratsii vrednikh veshchestv v vodakh vodnikh obektov ribokhozyaistvennogo znacheniya» [Order No. 552 of December 13, 2016 "On Approval of Quality Standards for Water Bodies of Fisheries Significance, Including Standards for Maximum Permissible Concentrations of Harmful Substances in Waters of Fisheries Significance"] — Introduced 2016-12-13. — M.: Ministry of Agriculture of the Russian Federation, 2016. — 91 p. [in Russian]
7. Mezhgosudarstvennii standart GOST 17.1.5.01-80 "Okhrana prirodi. Gidrosfera. Obshchie trebovaniya k otboru prob donnikh otlozhenii vodnikh obektov dlya analiza na zagryaznennost" [Interstate standard GOST 17.1.5.01-80 "Nature

Protection. Hydrosphere. General Requirements for Sampling Bottom Sediments of Water Bodies for Analysis of Pollution"] — Introduced 2023-06-03. — M.: IPK Standards Publishing House, 1980. — 4 p. [in Russian]

8. GOST 33850-2016. Mezhhgosudarstvenny'j standart pochvy'. Opredelenie ximicheskogo sostava metodom rentgenofluorescentnoj spektrometrii [Soils. Determination of Chemical Composition by X-Ray Fluorescence Spectrometry. MKC 13.080.10]. — Introduced 2023-06-03. — M.: Standartinform, 2016. — 9 p. [in Russian]

9. Mezhhgosudarstvenny'j standart GOST 17.4.4.02-2017 "Oxrana prirody'. Pochvy'. Metody' otbora i podgotovki prob dlya ximicheskogo, bakteriologicheskogo, gel'mintologicheskogo analiza" [Nature protection. Soils. Methods for sampling and preparation of soil for chemical, bacteriological, helminthological analysis. MKC 13.080]. — Introduced 2023-06-03. — M.: Standartinform, 2017. — 9 p. [in Russian]

10. Regional'ny'j normativ. Normy i kriterii ocenki zagryaznennosti donny'x otlozhenij v vodny'x ob'ektax Sankt-Peterburga [Regional Normative. Norms and Criteria for Assessing the Pollution of Bottom Sediments in Water Bodies of St. Petersburg]. — Introduced 1996-07-22. — SPb: Lenmorniproekt, 1996. — 9 p. [in Russian]

11. Sanitarnie pravila i normi SanPiN 1.2.3685-21 "Gigienicheskie normativi i trebovaniya k obespecheniyu bezopasnosti i (ili) bezvrednosti dlya cheloveka faktorov sredi obitaniya" [Sanitary Rules and Norms 1.2.3685-21 "Hygienic Norms and Requirements for Ensuring Safety and (or) Harmlessness to Human Health from Environmental Factors"] — Introduced 2021-01-28. — M.: Ministry of Justice of the Russian Federation, 2021. — 469 p. [in Russian]

12. Grigor'ev N.A. Raspredelenie ximicheskix e'lementov v verxnej chasti kontinental'noj kory' [Distribution of Chemical Elements in the Upper Part of the Continental Crust] / N.A. Grigor'ev — Ekaterinburg: URO RAN, 2009. — 382 p. [in Russian]

13. Kuznetsov V.S. Assessing the Environmental Condition of Minor Rivers in Urban Areas. / V.S. Kuznetsov, D.S. Petrov // Journal of Ecological Engineering. — 2017. — 18 (6). — p. 110-114. — DOI: 10.12911/22998993/76221