



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра прикладной и системной экологии

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(магистерская диссертация)

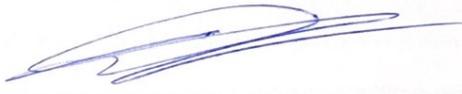
На тему Оценка экстремальных уровней загрязненности реки Ижора

Исполнитель  Трофимова Татьяна Сергеевна
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель кандидат географических наук
(ученая степень, ученое звание)

 Урусова Елена Сергеевна
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»

Заведующий кафедрой 
(подпись)

доцент, кандидат географических наук
(ученая степень, ученое звание)

Алексеев Денис Константинович
(фамилия, имя, отчество)

28 11 2022 г.

Санкт-Петербург

2022

Содержание

Введение	2
1. Характеристика объекта исследования.....	5
1.1 Физико-географическая характеристика района исследования	5
1.2 Гидрографическое описание реки Ижора	6
2. Характеристика загрязненности реки Ижора по данным литературных источников Error! Bookmark not defined.	
2.1 Система мониторинга реки Ижора	Error! Bookmark not defined.
2.2 Оценка загрязненности реки Ижора по литературным данным.....	Error! Bookmark not defined.
3. Пространственно-временная динамика загрязненности реки Ижора в летний период.....	Error! Bookmark not defined.
3.1 Пространственная динамика загрязненности реки... Error! Bookmark not defined.	
3.2 Временная динамика загрязненности реки за период 2019 -2022 гг.	Error! Bookmark not defined.
4. Оценка высокого и экстремально высокого уровня загрязненности реки Ижора Error! Bookmark not defined.	
4.1 Характеристика рядов наблюдений	Error! Bookmark not defined.
4.2 Расчет интегральных кривых.....	Error! Bookmark not defined.
4.3 Оценка стационарности рядов	Error! Bookmark not defined.
4.4 Оценка наличия выбросов в исходных рядах наблюдений.	Error! Bookmark not defined.
4.5 Высокие и экстремально высокие уровни загрязненности реки Ижора.	Error! Bookmark not defined.
4.6 Оценка внутригодовой динамики.....	Error! Bookmark not defined.
4.7 Выводы и результаты.....	Error! Bookmark not defined.
Заключение	8
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	11
ПРИЛОЖЕНИЯ	Error! Bookmark not defined.
ПРИЛОЖЕНИЕ А	Error! Bookmark not defined.
ПРИЛОЖЕНИЕ Б	Error! Bookmark not defined.
ПРИЛОЖЕНИЕ В	Error! Bookmark not defined.

Введение

Ленинградская область и Санкт-Петербург – густонаселенный, промышленно-развитый регион, территория этого района пронизана реками. Тема загрязненности реки Ижора имеет достаточно актуальный характер на сегодняшний день.

Ижора принадлежит к малым рекам Ленинградской области и уровень её загрязнения вызывает большие опасения – в реке нельзя ни купаться, ни рыбачить из-за сброса неочищенных сточных вод и стремительно развивающихся процессов эвтрофикации [1], [2]. Особого внимания заслуживают малые и средние реки урбанизированных территорий, так как они наиболее уязвимы и чувствительны к высокой антропогенной нагрузке [3], [4].

Исследование загрязненности имеет большое значение, поскольку состояние реки и уровень ее загрязненности непосредственно влияет на речные экосистемы и оказывает воздействие на окружающую среду и все взаимодействующие между собой её компоненты, включая человека и его здоровье.

В результате интенсивного земледелия количество азотно-фосфорных питательных веществ, сбрасываемых в Балтийское море, увеличилось в 7 раз за прошедшие 50 лет. Это оказывает серьезное экологическое воздействие на экосистему и живые организмы бассейна Балтийского моря. Вопрос влияния и очистки промышленных и муниципальных сточных вод напрямую связана с эвтрофикацией, которая является главной проблемой Балтийского моря, одного из наиболее чувствительных к биологическому воздействию [5].

Целью данной работы является оценка экстремальных уровней загрязненности реки Ижора. Для достижения данной цели, были поставлены следующие *задачи*:

- Провести физико-географическую и гидрографическую характеристику реки Ижора.

- Провести анализ существующих литературных источников на тему загрязненности реки Ижора.
- Проанализировать пространственно-временную динамику загрязненности реки Ижора на основании данных РГГМУ.
- Провести статистический анализ временных рядов концентраций исследуемых веществ.
- Оценить внутригодовую динамику содержания биогенов водах реки.
- Оценить уровни высокой и экстремально высокой загрязненности реки Ижора.

Река Ижора определена в данной работе как объект исследования.

Предметом исследования являются ряды данных о концентрациях содержащихся в воде веществ.

Материалы исследования включают в себя данные пространственного мониторинга реки Ижора в летний период. Рассматривается 6 станций наблюдения за период с 2019 по 2022 гг. Список показателей включает в себя: концентрации магния, концентрация растворенного кислорода, БПК₅, концентрации аммония, нитратов, фосфатов, нефтепродуктов, кальция, хлоридов, сульфатов. Также для оценки внутригодовой динамики и экстремальных уровней загрязненности были использованы ряды значений концентраций в р. Ижора в районе КОС г. Колпино за период с 2011 г. по 2016 гг. с мая по декабрь для шести химических веществ - ХПК, БПК, O₂, P(PO₄), N(NH₄) и Fe общ.

Научная новизна работы заключается в оценке экстремальных уровней загрязненности реки Ижора в районе города Колпино и анализ внутригодовой динамики основных биогенных элементов.

В качестве методов исследования были использованы: общепринятые методы статистической обработки данных наблюдений, а также метод пространственной аналогии.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, 4 глав, заключения, списка литературы и приложений. Диссертация

изложена на 78 страницах компьютерного текста, включает 48 рисунков, 49 таблиц и список литературы из 27 наименований.

1. Характеристика объекта исследования

1.1 Физико-географическая характеристика района исследования

Река Ижора является левым притоком Невы, протекает по территории Гатчинского и Тосненского районов Ленинградской области и Колпинского района города Санкт-Петербурга, её площадь водосбора – 1000 км² [1].

Исток реки находится на Ижорской возвышенности около деревни Скворицы Гатчинского района Ленинградской области.

Длина реки Ижора составляет 76 км. С территории водосбора в Неву впадает множество притоков, из них 9 притоков длиннее 10 километров, 5 основных: левосторонний – Вережка, правосторонние - Парица (Парицы), Черная, Винокурка, Большая Ижорка. Река Ижора имеет развитую гидрографическую сеть, в системе Ижоры насчитывается около 500 рек, ручьев и каналов [7], [8].

Она впадает в Неву по левому берегу в поселке Усть-Ижора Колпинского района Санкт-Петербурга. В устье режим реки Невы сильно влияет на ход уровней Ижоры [8], [9].

Река Ижора является равнинной рекой. Рельеф бассейна преимущественно равнинный. Рельеф реки имеет карстовый характер, отмечается множество карстовые явления в виде воронок. Карстовый рельеф создаёт благоприятные условия для образования грунтовых вод. Для западной стороны бассейна характерны карстовые воронки, которые способствуют условиям для накопления и перераспределения грунтовых вод. [8], [9].

На территории водосбора в основном преобладают луга, пашни, кустарники. Лесная растительность занимает около 47% площади бассейна реки, в свою очередь болота занимают –3%. Густота речной сети в бассейне Ижоры 0,96 м/км, озерность — менее 1% [7].

На пойме реки имеются выходы грунтовых вод, она ежегодно затапливается. [8], [9].

Достаточно большая часть бассейна реки Ижора является урбанизированной, на ее берегах расположены города Колпино, Коммунар, множество других населенных пунктов, таких как Металлострой, поселок Тельмана, Лукаши, Веккелево и другие [7].

Берега Ижоры отличаются друг от друга, правый берег более крутой и высокий, там преобладают сформировавшиеся на известняках дерново-карбонатные почвы, левый берег сформирован водами реки, разливающимися во время половодья, в результате там образовались аллювиальные почвы [7].

Ижорское водохранилище оказывает большое влияние на гидрологический режим реки. В верхнем течении до Ижорского водохранилища река имеет довольно извилистую форму, ниже водохранилища меандрирование уменьшается. Русло реки зарастает водной растительностью, оно довольно разветвленное, со староречьями и островами [9], [10].

Дно Ижоры преимущественно является каменистым, местами песчаным. Река Ижора питается грунтовыми и карстовыми водами [8], [9].

Преобладающая глубина Ижоры 1,5–2 метра, максимальное значение находится в устье около 4 метров, наибольшая ширина 60 метров. Скорость течения в среднем от 0,03 м/с до 0,07 м/с на протяжении всей реки [8], [9].

Плотина Ижорского водохранилища возведена в русле реки Ижора в 8,7 км от ее устья в районе г. Колпино. Площадь водосбора водохранилища составляет 1160 км². Водосбор бассейна водохранилища на территории Ленинградской области по большей части занят сельскохозяйственными угодьями и лугами [8], [9].

1.2 Гидрографическое описание реки Ижора

На протяжении всей р. Ижоры можно наблюдать ледостав, хотя часто ледостав не устанавливается совсем. Река покрывается льдом в обычно в конце ноября – начале декабря, ледовый покров вскрывается в конце марта – начале апреля. Явление зажоров в целом характерно для реки Ижоры, особенно на

частоту этого явления оказывают влияние зажоры, происходящие на Неве. На месте выхода грунтовых вод ледостав неустойчив [8], [9].

На сток реки влияет высокая зарегулированность – обилие карстовых подземных водохранилищ в верховьях реки и в искусственных прудах в среднем и нижнем течении. Сток реки Ижора значительно зарегулирован возведенными плотинами.

Годовой ход уровня реки характеризуется растянутым весенним половодьем, относительно высокая летняя межень, короткой зимняя межень. Величина меженного стока зависит от аккумулируемого весной в «подземных водохранилищах» [8], [9].

Осадки не оказывают значительного влияния на величину стока, потому что они в основном идут на инфильтрацию и испарение [8], [9].

Так как река Ижора впадает в Неву, зажоры на последней реке могут оказывать влияние на колебания уровня Ижоры. Также на уровень реки влияет Выпуск сточных вод КОС г. Колпино [10].

Современные данные о величине стока Ижоры отсутствуют, поэтому нижеуказанные данные носят приближенный характер. Средний многолетний годовой расход воды в Неве $2500 \text{ м}^3/\text{с}$ или $78,9 \text{ км}^3$ в год. Минимальный сток в зимний период составлял $1,0 \text{ м}^3/\text{с}$, в летний период – $1,9 \text{ м}^3/\text{с}$, минимальный $40,2 \text{ км}^3$ отмечен в 1900 году [8].

Природным источником органических веществ является сток осадков с заболоченных территорий, тем не менее, обширная антропогенная деятельность, в том числе сельское хозяйство на территории водосбора, сброс сточных вод промышленных предприятий и жилых хозяйств являются крупным поставщиком органических веществ, которые приводят к загрязнению реки [10].

Ижора является одним из наиболее загрязненных притоков реки Невы, из-за загрязнения её вод промышленными и хозяйственными стоками [7].

Заключение

В процессе работы были проанализированы данные литературных источников, а также результаты мониторинга для разных загрязняющих веществ на 6 станциях от истока до устья в летний период (данные РГГМУ), и временные ряды загрязняющих веществ до и после сброса очищенных сточных вод в районе города Колпино (данные производственного мониторинга). В результате анализа были получены следующие выводы:

По данным литературных источников воды реки Ижора по индексу УКИЗВ характеризуются как «грязные» на протяжении последних 6 лет. Данные выводы были сделаны на основе мониторинговых наблюдений нескольких организаций и все они согласуются между собой. Река Ижора протекает через большое количество населенных пунктов, в процессе чего она подвергается антропогенному воздействию в виде загрязнения её вод промышленными и хозяйственными стоками.

Анализ динамики загрязненности по длине реки в летний период, полученный на основании данных РГГМУ на 6 станциях за 2019-2022 гг. показал, что:

- станция 1 существенно отличается по характеристикам от других, тк в ней расположен исток реки – родник;
- для всех исследуемых веществ характерно нарастание концентраций от истока к устью. В станции 6 (устье) практически все значения концентраций превышают ПДК. Концентрация растворенного кислорода, наоборот снижается к станции 6;
- между станциями 5 и 6 расположены Колпинские пруды, осуществляется сброс сточных вод г. Колпино и в целом антропогенная нагрузка на данном участке водосбора существенно выше. Это обуславливает наблюдаемую картину загрязнения реки.

Анализ рядов значений концентраций биогенов до и после сброса сточных вод г. Колпино, полученных в результате производственного мониторинга показал:

- По числовым характеристикам ряды фонового и контрольного створа различаются незначительно. Высокая вариативность значений характерна для ряда фосфатов и общего железа. Низкая вариативность представлена для рядов фонового и контрольного створа ХПК, БПК, N(NH₄), растворенного кислорода. Положительный коэффициент асимметрии наблюдается у рядов фонового и контрольного створа ХПК, БПК, P(PO₄), N(NH₄), Feобщ. Отрицательная асимметрия присутствует у рядов растворенного кислорода. Ярко выраженная положительная асимметрия и высокая вариативность характерна для гидрохимических рядов малых рек урбанизированных территорий [23], [24].
- Оценка однородности и стационарности показала, что только для рядов концентраций растворенного кислорода и железа общего ряды в обоих створах однородны и стационарны. Во всех других случаях имеются признаки неоднородности и нестационарности. Все нестационарные ряды имеют тенденцию к увеличению значений. Очевидную роль здесь играют значения концентраций в 2015 и 2016 годах.
- На основе применения критерия Диксона было выявлено 4 выброса. Можно отметить, что все найденные выбросы соответствуют обнаруженным случаям экстремально-высокого уровня загрязненности. Высокие и экстремально высокие уровни загрязнённости были обнаружены во всех исследуемых рядах кроме ХПК, для которого оценка не производилась, и общего железа. Самое большое количество данных уровней загрязнённости было получено для рядов БПК₅ – 15, N(NH₄) – 16, P(PO₄) – 20. Факт того, что не все выявленные случаи ВЗ и ЭВЗ являются выбросами, полученными по критерию Диксона, говорит нам о том, что случаи высоких уровней загрязнения в статистическом смысле не являются аномальными для данных рядов наблюдений. То есть, можно сделать вывод, что уровень загрязненности

реки Ижора остается стабильно высоким в течение всего исследуемого периода.

- Анализ внутригодовых изменений концентраций показал, что в большинстве случаев сточные воды не влияют на характер внутригодовых колебаний. При этом ярко выраженных внутригодовых изменений, характерных для всех или хотя бы для большинства исследуемых лет не наблюдается для рядов БПК₅, PO₄, NH₄. Для рядов растворенного кислорода, железа общего и ХПК есть признаки общей динамики. При этом разброс значений по месяцам выше в контрольном створе.
- Ряды концентраций фоновых и контрольных створов часто имеют одинаковые свойства распределения, что видно по значениям числовых характеристик, одновременных скачках интегральных кривых и по анализу внутригодовой динамики. Все это указывает на то, что воды реки Ижора значительно загрязнены еще до сброса сточных вод от КОС г. Колпино. То есть сброс сточных вод не оказывает какого-либо существенного негативного воздействия на реку, а только незначительно усугубляет и без того тяжелую ситуацию.

В итоге мы можем сделать вывод, что река Ижора испытывает большую антропогенную нагрузку, что отражают данные, которые были анализированы в работе. Данный вывод согласуется с выводами, полученными другими исследователями и данными государственного мониторинга.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Экологическое состояние малой реки: оценка с использованием композитных индексов // Cyberleninka [Электронный ресурс] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekologicheskoe-sostoyanie-maloy-reki-otsenka-s-ispolzovaniem-kompozitnyh-indeksov> (дата обращения 04.10.2022)
2. Брюхом кверху. Почему в реке Ижоре гибнет рыба? // Аргументы и факты [Электронный ресурс] URL: https://spb.aif.ru/incidents/chp/bryuhom_kverhu_pochemu_v_reke_izhore_gibnet_ryba (дата обращения: 10.20.2022).
3. Пилюгина А.А. Загрязненность реки Славянка биогенными веществами в районе города Пушкин / А.А. Пилюгина, Е.С. Урусова // В сборнике: Молодая наука - 2016. Материалы VII Открытой международной молодежной научнопрактической конференции, посвященной 70-летию основания Краснодарского регионального отделения Русского географического общества и 20-летию основания Филиала РГГМУ в г. Туапсе. Под редакцией М.С. Аракелова, С.А. Мерзаканова. – 2017. – С. 106-108.
4. Зуева Н.В., Примак Е.А., Урусова Е.С., Зуев Ю.А., Бабин А.В. Оценка экологического благополучия малых рек Ленинградской области // В книге: Современные проблемы гидрометеорологии и устойчивого развития Российской Федерации. Сборник тезисов Всероссийской научно-практической конференции. 2019. С. 374-375.
5. International River Basin Management under the EU Water Framework Directive: An Assessment of Cooperation and Water Quality in the Baltic Sea Drainage Basin // www.researchgate.net [Электронный ресурс] URL: https://www.researchgate.net/publication/6561841_International_River_Basin_Management_under_the_EU_Water_Framework_Directive_An_Assessment_of_Cooperation_and_Water_Quality_in_the_Baltic_Sea_Drainage_Basin (дата обращения: 20.10.2022).

6. Трофимова Т.С. Особенности внутригодовой динамики содержания биогенов в реке Ижора Экология и техносферная безопасность: доклады I всерос. молодёжной науч.-практич. конференции под общ. ред. В.М. Панарина. – Тула: Инновационные технологии, 2022. – 182 с.
7. Все реки – Ижора // Все реки [Электронный ресурс] URL: <http://vsereki.ru/atlanticheskij-okean/bassejn-baltijskogo-morya/neva/izhora> (дата обращения 04.10.2022)
8. Сведения о водном объекте р. Ижора. Письмо от 10.06.2016 № Р11-34-3510. Федеральное агентство водных ресурсов. Невско-Ладожское бассейновое водное управление (Невско-Ладожское БВУ). Отдел водных ресурсов по Санкт-Петербургу и Ленинградской области. Утвердил заместитель начальника отдела М.М. Князева
9. Гидрологическая характеристика р. Ижора. Письмо от 19.08.2011 № 20/6-55г-139. Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. Государственное учреждение «Санкт-Петербургский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды с региональными функциями» (ГУ «Санкт-Петербургский ЦГМС-Р»). Утвердил временно исполняющий обязанности начальника Гидрометцентра И.В. Крысанов
10. Схема комплексного использования и охраны водных объектов (СКИОВО) бассейна реки Нева, Приложения, Спб, 2015, 141 с.
11. Поверхностные воды // Экологический портал Санкт-Петербурга [Электронный ресурс] – URL: <http://www.infoeco.ru/index.php?id=54> (дата обращения 09.10.2022)
12. Доклад «Доклад об экологической ситуации в Санкт-Петербурге за 2020 год». – 252 с. [Электронный ресурс] – URL: https://www.gov.spb.ru/static/writable/ckeditor/uploads/2021/07/01/27/Доклад_за_2020.pdf (дата обращения 04.10.2022)
- 13.3. Особенности зоопланктонного сообщества верхнего течения реки Ижора (бассейн балтийского моря) в условиях длительного

- антропогенного воздействия Литвинчук Л. Ф // Cyberleninka. [Электронный ресурс] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-zooplanktonnogo-soobschestva-verhnego-techeniya-reki-izhora-basseyn-baltiyskogo-morya-v-usloviyah-dlitelnogo> (дата обращения 04.10.2022)
14. Клубов С.М., Третьяков В.Ю. Оценка загрязненности вод рек Санкт-Петербурга с использованием отчетных материалов ГУП «Водоканал СПб» в 2018 году // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. География. Геология. 2019. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-zagryaznennosti-vod-rek-sankt-peterburga-s-ispolzovaniem-otchetnyh-materialov-gup-vodokanal-spb-v-2018-godu> (дата обращения: 25.10.2022).
15. Отчёты // Официальный портал МО "Выборгский район" Ленинградской области [Электронный ресурс] URL: <https://old.vbglenobl.ru/ohrana-okrsredy/otchyoty> (дата обращения: 20.10.2022).
16. Приказ Министерства сельского хозяйства РФ от 12 октября 2018 г. N 454 "О внесении изменений в нормативы качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативы предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения, утвержденные приказом Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 13 декабря 2016 г. URL: <http://ivo.garant.ru/#/document/72185802/paragraph/1:0> (дата обращения 04.10.2022)
17. Шелутко В.А. Методы обработки и анализа гидрологической информации. Учебно-методическое пособие. – СПб., 2007. – 192 с.
18. Макарова М.А. Анализ пространственно-временной изменчивости биогенных элементов в стоке р. Великая». Выпускная Квалификационная работа (Магистерская диссертация). рук. раб. СПб - 2021. 78 стр.
19. Sebastian Raschka // Dixon's Q test for outlier identification [Электронный ресурс] URL:

- https://sebastianraschka.com/Articles/2014_dixon_test.html (дата обращения: 20.10.2022).
- 20.РД 52.24.643–2002. Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям / Росгидромет. – Ростовна-Дону, 2002. – 50 с.
- 21.В Ижоре произошла массовая гибель рыбы // Колпино news [Электронный ресурс] URL: <https://kolpinonews.ru/news/12439> (дата обращения: 20.10.2022).
- 22.Рыба в реке ижора могла погибнуть из-за удушья // ЛенОбласть [Электронный ресурс] URL: Рыба в реке ижора могла погибнуть из-за удушья (дата обращения: 20.10.2022).
- 23.Урусова Е.С. Экстремальные уровни загрязненности малых рек урбанизированных территорий / Е.С. Урусова // В сборнике: Гидрометеорология и экология: достижения и перспективы развития /MGO 2020 имени Л.Н. Карлина. труды IV Всероссийской конференции. – Санкт-Петербург, 2020. – С. 363-366
- 24.Урусова Е.С., Шелутко В.А. Специальные вопросы обработки данных о качестве поверхностных вод // В книге: Современные проблемы гидрометеорологии и мониторинга окружающей среды на пространстве СНГ. Сборник тезисов Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию Российского государственного гидрометеорологического университета. 2020. С. 554-555.
25. Water Pollutants: Origin and Status // www.researchgate.net [Электронный ресурс] URL: https://www.researchgate.net/publication/336816995_Water_Pollutants_Origin_and_Status (дата обращения: 20.10.2022).
- 26.Rheinheimer G. Pollution in the Baltic Sea // Naturwissenschaften . - 1998. - №85. - С. 318–329 .
- 27.Kiedrzyńska E., Kiedrzyński M., Urbaniak M., Magnuszewski A., Sklodowski M., Wyrwicka A., Zalewski M. Point sources of nutrient pollution in the lowland

river catchment in the context of the Baltic Sea eutrophication // Ecological Engineering. - 2014. - №70. - C. 337–348.