



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**  
дипломная работа

На тему Оценка степени влияния расходов воды на изменчивость концентраций

**Исполнитель** \_\_\_\_\_ Варачёва Марина Александровна  
(фамилия, имя, отчество)

**Руководитель** \_\_\_\_\_ К. Г. Н.  
(ученая степень, ученое звание)  
Урусова Елена Сергеевна \_\_\_\_\_  
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_ (подпись)  
К. Г. Н., ДОЦЕНТ  
\_\_\_\_\_ (ученая степень, ученое звание)  
Алексеев Денис Константинович  
\_\_\_\_\_ (фамилия, имя, отчество)

«06» 06 2022 г.

Санкт-Петербург

2022

## Оглавление

<u>Введение</u> .....	3
<u>Глава 1 Характеристика объекта исследования</u> .....	5
1.1 <u>Физико-географическая характеристика района исследования</u> .....	5
1.2 <u>Характеристика исследуемых показателей</u> .....	9
<u>Глава 2 Описание методов исследования</u> .....	12
2.1 <u>Общая характеристика данных наблюдений</u> .....	12
2.2 <u>Корреляционный анализ</u> .....	16
<u>Глава 3 Анализ степени влияния расходов воды на значения концентраций на примере реки Великая</u> .....	20
3.1 <u>Характеристика рядов наблюдений</u> .....	20
3.2 <u>Пространственно-временная динамика содержания биогенов в реке Великая</u> .....	34
3.3 <u>Оценка взаимосвязи концентраций и расходов воды</u> .....	44
<u>Заключение</u> .....	53
<u>Список использованной литературы</u> .....	55
<u>Приложение А</u> .....	57

## Введение

В настоящее время проблема загрязнения окружающей среды, в том числе поверхностных вод суши стоит наиболее остро. Во всех регионах Российской Федерации с каждым годом наблюдается увеличение загрязнения и ухудшение качества питьевой воды. Это происходит в связи с увеличением производственных мощностей человека, его возрастающими потребностями, нерациональным потреблением и, конечно, отсутствием понимания того, что локальное загрязнение водоемов приводит к экологическим проблемам на всех уровнях жизнедеятельности человека.

Актуальная проблема в области охраны водных объектов, наблюдаемая в течение последних десятилетий – это увеличение содержания биогенных веществ в водных объектах и, как следствие, ускорение процессов эвтрофикации. Когда количество поступающих биогенных элементов достигает критических значений, происходит неизбежное снижение продуктивности водоёмов, снижение качества воды, а также изменение общего экологического состояния не только одного водного объекта, а всей водной экосистемы.

При оценке качества воды чаще анализируется содержание главных ионов с учетом имеющейся геоэкологической информации. Оценка концентраций биогенных элементов проводится реже, в связи с небольшими концентрациями биогенов и сложностью моделирования их поступления в водные акватории. Однако исследования необходимы, так как постепенное накопление биогенов может привести к более глубокому изменению водных экосистем.

Целью работы является анализ взаимосвязи расходов воды и концентрации биогенов по длине реки Великая.

Для достижения цели решаются следующие задачи:

1. Оценка основных числовых характеристик рядов наблюдения.

2. Анализ однородности и выявление трендов исследуемых рядов методом интегральных кривых.
3. Анализ пространственно-временной динамики концентрации биогенных элементов.
4. Оценка многолетней динамики расходов воды.
5. Оценка степени влияния расходов воды на концентрации исследуемых рядов методом корреляционного анализа.

Объект исследования – река Великая.

Предмет исследования – пространственно-временная динамика расходов воды и концентрации биогенов.

## Заключение

Объектом исследования в работе выступила река Великая. Река Великая протяженностью 430 км и с площадью водосбора 25200 км<sup>2</sup>, что относится к средним рекам. Протекает на Северо-Западе России. По данным литературных источников, вода в реке относится к 3 классу загрязненности по индексу УКИЗВ.

В работе были рассмотрены ряды концентраций аммонийного азота (N-NH<sub>4</sub>), общего железа (Fe<sub>общ</sub>) и минерального фосфора (P-PO<sub>4</sub>) и показатели БПК и ХПК, а также значения расходов воды за период с 1990 по 2002 годы.

При оценке основных числовых характеристик исследуемых рядов наблюдений можно сделать выводы, что ряды показателей ХПК и БПК<sub>5</sub> для обоих пунктов наблюдений маловариативны, обладают положительной асимметрией. Ряды концентраций аммонийного азота, минерального фосфора и железа общего на обоих створах обладают более высокой вариативностью, выраженной положительной асимметрией. Подобные результаты вполне типичны для гидрохимических рядов наблюдений на реках Северо-Запада. Асимметричность рядов концентраций более выражена в створе г. Опочка.

Анализ рядов методом интегральных кривых у показателей ХПК и БПК<sub>5</sub> вид интегральной кривой указывает на не однородность рядов наблюдений и на возможное наличие тренда. Концентрации аммонийного азота, минерального фосфора и железа общего имеют даты нарушения однородности. Для исследуемых показателей характерно постепенное увеличение в начале, а затем резкий рост значения концентраций в конце исследуемых годов. В целом, для показателей (ХПК, аммонийный азот и железо общее) значения концентраций выше в нижележащем створе (г. Псков), что может говорить о накоплении соединения вниз по течению р. Великая.

При анализе однородности при помощи статистики Стьюдента можем говорить, что все ряды наблюдений, кроме концентраций минерального фосфора неоднородны.

Анализ пространственно-временной динамики концентрации биогенных элементов указывает нам о том, что значения концентраций исследуемых рядов в целом ниже для створа в г. Опочка, превышения ПДК чаще наблюдаются в створе г. Псков. Значения рядов концентраций минерального фосфора на протяжении всего периода не превышают ПДК. Значения показателей ХПК и БПК<sub>5</sub>, наоборот, превышают ПДК в течение всего исследуемого периода. Концентрации железа общего и аммонийного азота превышают ПДК в отдельные периоды наблюдения. Три из пяти показателей имеют тенденцию на увеличение значений концентраций.

При оценке многолетней динамики расходов воды для створа г. Псков колебания выражены больше, чем для створа г. Опочка. Однако максимальные значения по расходам воды наблюдаются для обоих створах в одинаковые года (1990, 1995, 1998 гг.). Имеют тенденцию на снижение к концу исследуемого периода.

При оценке степени влияния расходов воды на концентрации исследуемых рядов методом корреляционного анализа можно сделать заключение, что теснота связи низкая, линейная корреляция отсутствует. При оценке коэффициента корреляции связь не значимая, не тесная, у трёх из пяти показателей прямая. В итоге можно сделать вывод о том, что связей по модели парной линейной корреляции нет, необходимо проводить дальнейшие исследования. Полученная в результате выполнения работы математическая модель парной линейной корреляции не может быть применена на практике, так как коэффициент корреляции не значим, и модель не соответствует критериям адекватности.

## Список использованной литературы

1. Баврина А. П., Борисов И. Б. Современные правила применения корреляционного анализа / А. П. Баврина, И. Б. Борисов // Помощь исследователю. – 2021. – №3(68). – С. 71–73.
2. Бахтиаров В.А. Водное хозяйство и водохозяйственные расчеты / В.А. Бахтиаров. – Л.: Гидрометеиздат, 1961. – 428 с.
3. Волков В.Н. Определение химического состава и качества природных вод, продуктов питания и минерального нерудного сырья: Учебное пособие. / В.Н. Волков, М.Л. Давтян. – Псков: Изд-во ПсковГУ, – 2012. – 165 с.
4. Георгиевский В.Ю. Схема комплексного использования и охраны водных объектов бассейна реки Нарва. / В.Ю. Георгиевский. – 2014. – т.2. – 106 с.
5. Георгиевский В.Ю. Схема комплексного использования и охраны водных объектов бассейна реки Нарва. / В.Ю. Георгиевский. – 2014. – т.1. – 74 с.
6. Государственный водный реестр: река Великая. Официальный сайт, 2022. – Режим доступа: <https://textual.ru/gvr/index.php?card=149875> (Дата обращения: 10.04.2022), свободный
7. Ильин В.П. Корреляционный анализ количественных данных в медико-биологических исследованиях / В.П. Ильин // Бюллетень. – 2013. – № 4(92). – С. 125–130.
8. Комитет по природным ресурсам и экологии Псковской области. Официальный сайт, 2022. – Режим доступа: <https://priroda.pskov.ru/vidy-deyatelnosti/vidy-deyatelnosti/vodopolzovanie/gidrograficheskoe> (Дата обращения: 12.04.2022), свободный
9. Линслей Р.К. Прикладная гидрология / Р.К. Линслей, М.А. Колер, Д.Л. Паулюс. – Л.: Гидрометеиздат, 1962. – 759 с.

10. Приказ Министерства сельского хозяйства РФ 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» (с изменениями и дополнениями от 10 марта 2020 г.). – Режим доступа: <http://ivo.garant.ru/#/document/71586774/paragraph/1:0>
11. РД 52.24.622-2019 Порядок проведения расчетов условных фоновых концентраций химических веществ в воде водных объектов для установления нормативов допустимых сбросов сточных вод. – введ. 201909-26 – Ростов н / Д.: Росгидромет, 2019. – 16-17 с.
12. Смыжова Е.С. Оценка стока биогенных веществ с учетом особенностей гидрохимической информации (на примере реки Великой) / автореф. дисс. ... канд. геогр. наук. - СПб., 2010. – 27 с.
13. Трофимчук М.М. Качество поверхностных вод Российской федерации за 2019 г. / М.М. Трофимчук. – Ростов-на-Дону: Ежегодник, 2020 г.
14. Шелутко В.А. Численные методы в гидрологии: Учебное пособие. / В.А. Шелутко. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 240 с.
15. Шелутко В.А. Практикум по дисциплине «Анализ и методы обработки геоэкологической информации». / В.А. Шелутко, Е.С. Урусова. – СПб.: РГГМУ, 2020. – 120 с.
16. Шелутко В.А. Методы обработки и анализа геоэкологической информации: учебник. / В.А. Шелутко. – СПб.: РГГМУ, 2020. – 296 с.
17. Шелутко В.А. Анализ процессов загрязнения стока р. Великой различными формами азота / В.А. Шелутко, Е. С. Урусова, Нассер Отман // Вестник СПбГУ. – 2014. - № 3. – С. 95 – 99.
18. Шикломанов И.А. Влияние хозяйственной деятельности на речной сток / И.А. Шикломанов. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 334 с.