



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

Кафедра Прикладной и системной экологии

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(магистерская диссертация)

На тему Динамика лимнологических параметров разнотипных акваторий,
расположенных в рекреационных зонах Санкт-Петербурга и
Ленинградской области

Исполнитель Каёта Кристина Александровна
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель к.б.н.
(ученая степень, ученое звание)
Воякина Екатерина Юрьевна
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой

(подпись)

к.г.н., доцент

(ученая степень, ученое звание)

Алексеев Денис Константинович
(фамилия, имя, отчество)

«29» 11 2022 г.

Санкт-Петербург
2022

Содержание

Введение	5
1. Проблематика исследования	8
1.1 Проблемы мониторинга водных объектов	8
1.2 Проблемы рекреации водных объектов	18
2. Физико-географическая характеристика объектов исследования	24
2.1 Озеро Кавголовское	24
2.2 Река Кристателька	27
2.3 Озеро Сестрорецкий Разлив	30
3. Исследуемые лимнологические параметры	35
3.1 Водородный показатель pH	35
3.2 Электропроводность	37
3.3 Цветность	39
3.4 Мутность	40
3.5 Биогенные элементы	42
3.6 Хлорофилл <i>a</i>	44
3.7 Трофический статус	45
4. Правила и места отбора проб	47
4.1. Правила отбора проб	47
4.2 Выбор места отбора проб воды	48
5. Характеристика методов исследования	53
5.1 Потенциометрический метод анализа	53
5.2 Кондуктометрический метод анализа	54
6. Материалы и методы	57
7. Результаты лабораторно-аналитических исследований	62
8. Анализ динамики исследуемых лимнологических параметров	65
8.1 Анализ динамики лимнологических параметров в оз. Кавголовское	65
8.1.1 Динамика изменения температуры воды	65
8.1.2 Динамика изменения водородного показателя pH	66
8.1.3 Динамика изменения электропроводности	67

8.1.4 Динамика изменения концентрации фосфатов	68
8.1.5 Динамика изменения концентрации аммонийного азота	69
8.1.6 Динамика изменения концентрации нитритов	70
8.1.7 Динамика изменения мутности	71
8.1.8 Динамика изменения цветности	72
8.1.9 Динамика изменения концентрации хлорофилла <i>a</i> и трофический статус	73
8.2 Анализ динамики лимнологических параметров в реке Кристателька	75
8.2.1 Динамика изменения температуры воды	75
8.2.2 Динамика изменения водородного показателя pH	75
8.2.3 Динамика изменения электропроводности	76
8.2.4 Динамика изменения концентрации фосфатов	77
8.2.5 Динамика изменения концентрации аммонийного азота	79
8.2.6 Динамика изменения концентрации нитритов	80
8.2.7 Динамика изменения мутности	81
8.2.8 Динамика изменения цветности	82
8.2.9 Динамика изменения концентрации хлорофилла <i>a</i> и трофический статус	83
8.3 Анализ динамики лимнологических параметров в оз. Сестрорецкий Разлив	84
8.3.1 Динамика изменения температуры воды	84
8.3.2 Динамика изменения водородного показателя pH	85
8.3.3 Динамика изменения электропроводности	86
8.3.4 Динамика изменения концентрации фосфатов	87
8.3.5 Динамика изменения концентрации аммонийного азота	88
8.3.6 Динамика изменения концентрации нитритов	89
8.3.7 Динамика изменения мутности	91
8.3.8 Динамика изменения цветности	92
8.3.9 Динамика изменения концентрации хлорофилла <i>a</i> и трофический статус	93
8.4 Сравнительный анализ исследуемых водных объектов	95
8.4.1 Температура воды	95

8.4.2 Водородный показатель pH	95
8.4.3 Электропроводность	97
8.4.4 Фосфаты	98
8.4.5 Аммонийный азот	99
8.4.6 Нитриты	100
8.4.7 Мутность	101
8.4.8 Цветность	102
8.4.9 Хлорофилл <i>a</i> и трофический статус	103
8.5 Прогноз возможных неблагоприятных воздействий для исследуемых объектов	105
Заключение	107
Список использованных источников	111
Приложения	114
Приложение 1.	114
Приложение 2.	116

Введение

Вода – важный природный ресурс. Он играет огромную роль в процессах обмена веществ и функционирования биосферы в целом. Нарушения водного режима планеты происходит вследствие глобальных действий человека. Развитие промышленности и бурный рост производственных технологий не возможны без сопутствующего антропогенного воздействия. В том числе несоблюдение правил использования водных объектов в рекреационных целях также приводит к ухудшению их экологического состояния.

В целях оптимизации влияния на экосистемы была разработана комплексная система долгосрочных наблюдений за состоянием природной среды, представляющая собой экологический мониторинг.

Разнообразие производств, продукции, материалов, и, как следствие, образование различного рода отходов и загрязнителей, усложняют задачу контроля и предупреждения вредного воздействия на экосистемы. Таким образом становится понятно, что в современных условиях проблемы мониторинга и рекреации водных объектов являются весьма актуальными.

Ленинградская область располагает одной из наиболее развитых в России системой отдыха, туризма и спорта, обеспечивая не только свои потребности, но и потребности Северо-Запада России.

Водные ресурсы представлены восточной частью Балтийского моря – Финским заливом, Ладожским и Онежским озерами, естественными и искусственными водоемами, реками, каналами и болотами. Водными объектами покрыто более 13% территории региона. Водные объекты Санкт-Петербурга и Ленинградской области достаточно благоприятны для пляжно-купального отдыха, а северные акватории – для развития спортивного отдыха.

Как известно, использование водных объектов в рекреационных целях должно осуществляться в соответствии с правилами использования водных объектов, а в соответствии с Водным кодексом Российской Федерации, водопользователи обязаны не допускать причинения вреда окружающей среде.

Опасные химические элементы, к сожалению, ежедневно попадают в водные объекты. Предприятия по переработке отходов, минерально-сырьевой комплекс, промышленный комплекс и фермерские угодья – являются основными источниками сброса. Во избежание частичной или полной деградации водных объектов, необходимо минимизировать и предупреждать их загрязнение, проводить постоянные наблюдения за их состоянием (мониторинг) и своевременно принимать меры по их очистке.

Целью представленных исследований в рамках магистерской диссертации является проведение анализа временных изменений лимнологических параметров в зависимости от типа акваторий, расположенных в рекреационных зонах Санкт-Петербурга и Ленинградской области

Объектом исследования являются водные экосистемы различных типов, которые расположены в рекреационных зонах Санкт-Петербурга и Ленинградской области, а именно: оз. Кавголовское, оз. Сестрорецкий Разлив, река Кристателька.

Предмет исследования – состояние водных объектов, расположенных в рекреационных зонах Санкт-Петербурга и Ленинградской области, а именно: оз. Кавголовское, оз. Сестрорецкий Разлив, реки Кристателька.

Задачи:

1. Изучить основные вопросы проблематики мониторинга акваторий, расположенных в рекреационных зонах Санкт-Петербурга и Ленинградской области по литературным источникам;
2. Изучить основные вопросы проблематики рекреации акваторий, расположенных в рекреационных зонах Санкт-Петербурга и Ленинградской области по литературным источникам;
3. Осуществить отбор проб воды в исследуемых водных объектах, а именно: в оз. Кавголовское, оз. Сестрорецкий Разлив, реке Кристателька;
4. Изучить исследуемые водные объекты по следующим показателям: температура воды, водородный показатель pH, электропроводность, концентрация фосфатов, концентрация аммонийного азота, концентрация

нитритов, мутность, цветность, хлорофилл *a*, трофический статус по литературным источникам и данным лабораторного анализа;

5. Проанализировать полученные результаты исследования природных вод;
6. Дать рекомендации для обеспечения сохранности водных объектов и минимизации их загрязнения

Озеро Кавголовское и река Кристатателька – малоизученные водные объекты. Впервые была получена информация о содержании (концентрации) рассматриваемых лимнологических параметров в данных водных объектах. Соответственно, впервые было проведено исследование данных водных объектов по рассматриваемым лимнологическим параметрам.

Заключение

В результате проделанной работы, была достигнута цель исследования – был проведен анализ временных изменений лимнологических параметров в зависимости от типа акваторий, расположенных в рекреационных зонах Санкт-Петербурга и Ленинградской области.

Также были достигнуты поставленные задачи, а именно:

1. Изучены основные вопросы проблематики мониторинга акваторий, расположенных в рекреационных зонах Санкт-Петербурга и Ленинградской области по литературным источникам;
2. Изучены основные вопросы проблематики рекреационного использования акваторий, расположенных в рекреационных зонах Санкт-Петербурга и Ленинградской области по литературным источникам;
3. Осуществлен отбор проб воды из исследуемых водных объектов: оз. Кавголовское, оз. Сестрорецкий Разлив, Реки Кристателька;
4. Были изучены следующие показатели по литературным источникам и данным лабораторного анализа: температура воды, водородный показатель pH, электропроводность, концентрация фосфатов, концентрация аммонийного азота, концентрация нитритов, мутность, цветность, хлорофилл *a* и трофический статус;
5. Проанализированы полученные результаты исследования природных вод;
6. Даны рекомендации для обеспечения сохранности водных объектов и минимизации их загрязнения.

В ходе данной работы были изучены выбранные водные объекты, способы осуществления пробоотбора, методы анализа проб воды, с помощью методов был осуществлен анализ отобранных проб воды на исследуемые показатели. На основе полученных данных после обработки были построены гистограммы и проанализированы полученные результаты.

В результате проделанной работы получены следующие выводы:

1. Во всех исследуемых водных объектах превышения ПДК отсутствуют.

2. Во всех исследованных водных объектах значения водородного показателя pH не всегда соответствуют нормативным требованиям. Меньшее отклонение от нормативных требований наблюдается в оз. Сестрорецкий Разлив, большее – в оз. Кавголовское.

3. Наибольшая средняя температура воды наблюдается в оз. Сестрорецкий Разлив (18,9°C), наименьшая – в оз. Кавголовское (17,4°C).

4. Максимальные значения водородного показателя в оз. Кавголовское, реке Кристателька, оз. Сестрорецкий Разлив составляют 8,5, 7,9 и 8,5 соответственно. Минимальные значения водородного показателя в оз. Кавголовское, реке Кристателька, оз. Сестрорецкий Разлив составляют 5,4, 6,1 и 7,4 соответственно. Самое низкое и самое высокое значение показателя наблюдается в оз. Кавголовское.

5. Максимальные значения электропроводности воды в оз. Кавголовское, реке Кристателька, оз. Сестрорецкий Разлив составляют 89 мкСм/см, 504 мкСм/см и 118 мкСм/см соответственно. Минимальные значения электропроводности воды в оз. Кавголовское, реке Кристателька, оз. Сестрорецкий Разлив составляют 54 мкСм/см, 291 мкСм/см и 103 мкСм/см соответственно. В реке Кристателька наблюдаются самые высокие значения электропроводности воды, среди всех рассматриваемых водных объектов, наиболее низкие можно наблюдать в оз. Кавголовское.

Исходя из этого, можно предположить, что река Кристателька наиболее минерализована, чем остальные исследуемые водные объекты. Наименее минерализованным водным объектом является оз. Кавголовское.

6. Максимальные значения концентрации фосфатов в оз. Кавголовское, реке Кристателька, оз. Сестрорецкий Разлив составляют 0,014 мг/л, 0,165 мг/л и 0,013 мг/л соответственно. Минимальные значения концентрации фосфатов в оз. Кавголовское, реке Кристателька, оз. Сестрорецкий Разлив составляют 0,003 мг/л, 0,009 мг/л и 0,009 мг/л соответственно. Наибольшая концентрация фосфатов наблюдаются в реке Кристателька, наименьшая – в оз. Кавголовское.

7. Максимальные значения концентрации аммонийного азота в оз. Кавголовское, реке Кристателька, оз. Сестрорецкий Разлив составляют 0,40 мг/л, 0,67 мг/л и 0,62 мг/л соответственно. Минимальные значения концентрации аммонийного азота в оз. Кавголовское, реке Кристателька, оз. Сестрорецкий Разлив составляют 0,17 мг/л, 0,45 мг/л и 0,41 мг/л соответственно. Наибольшая концентрация аммонийного азота наблюдаются в реке Кристателька, наименьшая – в оз. Кавголовское.

8. Максимальные значения концентрации нитритов в оз. Кавголовское, реке Кристателька, оз. Сестрорецкий Разлив составляют 0,016 мг/л, 0,040 мг/л и 0,020 мг/л соответственно. Минимальные значения концентрации нитритов в оз. Кавголовское, реке Кристателька, оз. Сестрорецкий Разлив составляют 0,007 мг/л, 0,009 мг/л и 0,014 мг/л соответственно. Наибольшая концентрация нитритов наблюдаются в реке Кристателька, наименьшая – в оз. Кавголовское.

9. Максимальные значения мутности воды в оз. Кавголовское, реке Кристателька и оз. Сестрорецкий Разлив составляют 15,7 мг/л, 8,9 мг/л и 23,2 мг/л соответственно. Минимальные значения мутности воды в Озере оз. Кавголовское, реке Кристателька и оз. Сестрорецкий Разлив составляют 6,7 мг/л, 3,4 мг/л и 17,3 мг/л соответственно. Наибольшая мутность воды, среди исследуемых водных объектов, наблюдается в оз. Сестрорецкий Разлив, наименьшая – в реке Кристателька.

10. Максимальные значения цветности воды в оз. Кавголовское, реке Кристательке, оз. Сестрорецкий Разлив составляют 32,4°, 76,1° и 75,7° соответственно. Минимальные значения цветности воды в оз. Кавголовское, реке Кристателька, оз. Сестрорецкий Разлив составляют 7,0°, 22,6° и 20,9° соответственно. Минимальные значения цветности наблюдаются в оз. Кавголовское. В реке Кристателька и оз. Сестрорецкий Разлив можно наблюдать увеличение цветности воды в осенний период.

11. Максимальные значения концентрации хлорофилла *a* в оз. Кавголовское, реке Кристателька и оз. Сестрорецкий Разлив составляют 11,97, 23,25 и 36,12 мкг/дм³ соответственно. Минимальные значения концентрации

хлорофилла *a* в оз. Кавголовское, реке Кристателька и оз. Сестрорецкий Разлив составляют 4,64, 5,30 и 8,16 мкг/дм³ соответственно.

12. Значение трофического индекса *TSI* для оз. Кавголовское, реки Кристательки и оз. Сестрорецкий Разлив составляет 51, 57 и 60 соответственно. Оз. Кавголовское и река Кристателька относятся к мезотрофным водоемам, а оз. Сестрорецкий Разлив – к эвтрофным водоемам.

Для обеспечения сохранности водных объектов и минимизации их загрязнения, можно дать следующие рекомендации рекомендовать:

1. Необходимо постоянное проведение мониторинга исследованных водных объектов, чтобы оперативно выявлять поступление загрязняющих веществ и принимать меры по их минимизации.
2. Усиление контроля над соблюдением правил использования водных объектов в рекреационных целях. Информирование отдыхающих в рекреационных зонах о данных правилах (установка информационных щитов/стоек, на которых будут размещаться правила использования водных объектов).
3. Обустройство рекреационных территорий площадками для сбора ТКО, зонирование территории, разделение потоков отдыхающих.

Список использованных источников:

1. «Водный кодекс Российской Федерации» от 03.06.2006 N 74-ФЗ (ред. от 01.05.2022) – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_60683/ (дата обращения 20.03.2022).
2. Шабанов В.В., Маркин В.Н. Ведение мониторинга водных объектов в современных условиях: монография. – М.: РГАУ-МСХА, 2015. – 151 с.
3. РД 52.24.309-2016 Организация и проведение режимных наблюдений за состоянием и загрязнением поверхностных вод суши. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/495872993?section=text> (дата обращения 25.03.2022).
4. Авакян А.Б., Бойченко В.К., Салтанкин В.П. Некоторые вопросы рекреационного использования водохранилищ // Водные ресурсы. – 1986. № 3. – С. 77–84.
5. Соловьева Т.А. Купание как причина загрязнения воды // Гигиена и санитария. – 1953. – № 3. – С. 55-58.
6. Непомнящий В.В, Макеева Е.Г. Особенности рекреационных воздействий на аквальные комплексы: Методические аспекты [Электронный ресурс] – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-rekreatsionnyh-vozdeystviy-na-akvalnye-kompleksy-metodicheskie-aspekty/viewer> (дата обращения 26.03.2022).
7. Ланцова И.В. Рекреационное водопользование как фактор формирования качества вод // Вода: химия и экология. – 2009. – № 2(8). – С 2–7.
8. Горюнова С.В. Закономерности процесса антропогенной деградации водных объектов [Электронный ресурс] – URL: http://83.149.228.85/fundecology/msu_council/ref_goryunova.pdf (дата обращения 30.03.2022).
9. Кириллова В.И., Распопов И.М. Озера Ленинградской области. – Л.: Лениздат, 1971. – 152 с.

10. Google карты / URL: <https://www.google.ru/maps/?hl=ru> (дата обращения 01.04.2022).
11. ГКУ «Дирекция особо охраняемых природных территорий Санкт-Петербурга» / Токсовские высоты [Электронный ресурс] / URL: <https://ooptlo.ru/toksovskie-vyisoty.html> (дата обращения 01.04.2022).
12. Парк «Сергиевка» – комплексный памятник природы / Биологический научно-исследовательский институт Санкт-Петербургского государственного университета, Комитет по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности правительства Санкт-Петербурга, Дирекция особо охраняемых природных территорий Санкт-Петербурга. – СПб.: Тип. ООО СПЮ СРП «Павел» ВОГ, 2005. – 144 с. + 17 вкл.
13. Рябова В.Н., Васильева В.А. Экологические экскурсии по паркам Петергофа. Высшие растения комплексного памятника природы «Парк «Сергиевка», Санкт-Петербург, Старый Петергоф. – СПб.: ВВМ, 2014. – 56 с.
14. ГКУ «Дирекция особо охраняемых природных территорий Санкт-Петербурга» / Парк Сергиевка [Электронный ресурс] / URL: https://oopt.spb.ru/protected_area/park-sergievka/ (дата обращения 01.04.2022).
15. Беликов В.В. Северный курорт России. Искусственное водохранилище: «Оз. Сестрорецкий Разлив» (концепция сохранения). – СПб., 1999. – 152 с.
16. Кириллова В.И. Озера Ленинградской области / Кириллова В.А., Распопов И.М. – Л.: Лениздат, 1971. – 152 с.
17. ГКУ «Дирекция особо охраняемых природных территорий Санкт-Петербурга» / Государственный природный заказник «Сестрорецкое болото» [Электронный ресурс] – URL: https://oopt.spb.ru/protected_area/sestroretzkoye-boloto/ (дата обращения 02.04.2022).
18. Науменко Ю.В. Некоторые вопросы лимнологии: учеб. пособие. – Новосибирск.: НГАСУ, 2002. – 88 с.
19. Реут О.П., Куличенков В.П., Чепуркин А.А. Методы и приборы контроля водно-химического режима ТЭС: учебно-методическое пособие для слушателей курсов повышения квалификации энергетиков. – Минск.: БНТУ, 2015. – 73 с.

20. Худякова Т.А., Крешков А.П. Кондуктометрический метод анализа. Учеб. пособие для вузов. – М.: «Высшая школа», 1975. – 207 с.
21. Алифанова А.И., Киреев В.М. Природные и сточные воды в системах водоснабжения и водоотведения: учебное пособие. – Белгород.: БГТУ, 2017. – 68 с.
22. Ходоровская Н.И., Кандерова О.Н. Физико-химические и гидробиологические методы исследования экологического состояния водоемов: учебное пособие. – Челябинск.: ЮУрГУ, 2002. – 70 с.
23. Волков В.Н., Давтян М.Л. Определение химического состава и качества природных вод, продуктов питания и минерального нерудного сырья: Учебное пособие по количественному анализу. – Псков.: ПсковГУ, 2012. – 168 с.
24. Кирсанов В.В. Технологии водоочистки: монография. – Казань.: КНИТУ-КАИ, 2018. – 468 с.
25. Неверова-Дзиопак Е., Цветкова Л.И. Оценка трофического состояния поверхностных вод: монография. – СПб.: СПбГАСУ, 2020. – 176 с.
26. ГОСТ 31861-2012 Вода. Общие требования к отбору проб. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200097520?section=text> (дата обращения 05.06.2022)
27. Карпов Ю.А., Савостин А.П. Методы пробоотбора и пробоподготовки: учебное пособие. 4-е издание – Москва.: Лаборатория знаний, 2020. — 246 с.
28. Хаустов А.П., Редина М.М. Экологический мониторинг: учебник для академического бакалавриата – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Юрайт, 2020. – 543 с.
29. Вильсон Е.В., Яковлева Е.В. Физико-химические и микробиологические показатели качества природных и сточных вод: учеб. пособие. – Ростов н/Д.: ДГТУ, 2017. – 202 с.
30. Решетняк О.С. Методы оценки качества поверхностных вод суши: учебное пособие. – Ростов-на-Дону; Таганрог: Южный федеральный университет, 2017. – 128 с.
31. СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды

обитания». – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_375839/
(дата обращения 01.08.2022).