



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
(Бакалаврская работа)

На тему «Влияние экологических факторов на интенсивность первичного биосинтеза в Невской губе»

Исполнитель Чемерис Любовь Александровна
(фамилия, имя, отчество)

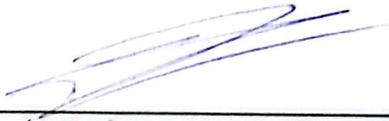
Руководитель кандидат географических наук, доцент
(ученая степень, ученое звание)

Зуева Надежда Викторовна
(фамилия, имя, отчество)

Консультант заместитель председателя Комитета по природопользованию
(ученая степень, ученое звание)

Серебрицкий Иван Александрович
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»

Заведующий кафедрой 
(подпись)

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

Алексеев Денис Константинович
(фамилия, имя, отчество)

«19» 06 2025 г.

Санкт-Петербург
2025

Оглавление

Введение.....	3
Глава 1 Физико-географическое описание Невской губы	Ошибка! Закладка не определена.
1.1 Географическое положение	Ошибка! Закладка не определена.
1.2 Геологическое строение и рельеф дна.....	Ошибка! Закладка не определена.
1.3 Гидрологический режим	Ошибка! Закладка не определена.
1.4 Климатические особенности.....	Ошибка! Закладка не определена.
1.5 Растительный и животный мир Невской губы.....	Ошибка! Закладка не определена.
1.6 Трофическое состояние Невской губы.....	Ошибка! Закладка не определена.
Глава 2 Материалы и методы	Ошибка! Закладка не определена.
Глава 3 Первичный биосинтез в Невской губе	Ошибка! Закладка не определена.
3.1 Характеристика первичных продуцентов в Невской губе	Ошибка! Закладка не определена.
3.2 История исследований фитопланктона.....	Ошибка! Закладка не определена.
3.3 Описание фитопланктона Невской губы	Ошибка! Закладка не определена.
Глава 4 Факторы, влияющие на фитопланктон	Ошибка! Закладка не определена.
4.1 Освещенность.....	Ошибка! Закладка не определена.
4.2 Температура	Ошибка! Закладка не определена.
4.3 Кислородный режим	Ошибка! Закладка не определена.
4.4 Биогенные элементы.....	Ошибка! Закладка не определена.
4.5 Выедание зоопланктоном.....	Ошибка! Закладка не определена.

4.6 Степень проточности	Ошибка! Закладка не определена.
4.7 Глубина.....	Ошибка! Закладка не определена.
4.8 Соленость.....	Ошибка! Закладка не определена.
Глава 5. Анализ изменения экологических факторов..	Ошибка! Закладка не определена.
Заключение	5
Список литературы	11

Введение

Невская губа (Невский эстуарий) расположена на северо-западе России в восточной части Финского залива Балтийского моря. Она представляет собой уникальную экосистему, которая играет важную роль в поддержании биологического разнообразия и первичной продукции. Эта акватория является местом обитания множества организмов в том числе фитопланктона. Многолетние наблюдения говорят о возрастании биомассы фитопланктона в водах Невской губы.

Первичный биосинтез, осуществляемый фотосинтетическими организмами, такими как фитопланктон, является основным источником органического вещества в водной среде и, следовательно, определяет продуктивность экосистемы. Скорость роста является одной из основных функциональных характеристик фитопланктона, которая существенно влияет на пространственно-временные изменения его биомассы и продуктивности как в морских, так и в пресноводных экосистемах [11].

Условия, в которых обитает фитопланктон, колеблются в широком спектре экологических факторов, что непосредственно влияет на изменчивость функциональных характеристик микроводорослей, прежде всего на их скорости фотосинтеза и роста. Исследование реакций водорослей

на воздействие различных факторов среды необходимо, так как понимание этих взаимосвязей является ключевым для моделирования и анализа динамики фитопланктона. Основные абиотические факторы, которые влияют на рост и физиологическое состояние водорослей, включают уровень освещенности, температурный режим и концентрацию биогенных элементов в окружающей среде [11], а также кислородный режим, соленость, степень проточности, глубину и выедание зоопланктоном.

Невская губа – антропогенно-трансформированный водный объект. Это связано со строительством и функционированием Комплекса защитных сооружений (КЗС) Санкт-Петербурга от наводнений и активной хозяйственной деятельностью на ее акватории и водосборе. В последние годы для Невской губы наблюдается изменение температуры воды, колебания уровня мутности и изменение содержания биогенных элементов, что может существенно повлиять на динамику фитопланктонных сообществ и, соответственно, на первичное производство.

Таким образом, актуальность данной работы обусловлена необходимостью понимания факторов, влияющих на первичный биосинтез в Невской губе, особенно в условиях антропогенного воздействия.

Цель работы: анализ влияния экологических факторов на интенсивность первичного биосинтеза в Невской губе.

Для достижения данной цели были решены следующие задачи:

1. Выполнить физико-географическое описание Невской губы;
2. Дать характеристику основным первичным продуцентам в Невской губе;
3. Определить факторы, влияющие на первичный биосинтез фитопланктона;
4. Выявить основные экологические факторы, влияющие на первичный биосинтез в Невской губе.

Заключение

Невская губа, являясь компонентом обширной системы рек и моря, представляет собой ключевую экосистему для сохранения биоразнообразия и экологической устойчивости региона. Центральную роль в ее процессах играет фитопланктон как основа пищевой цепи, обеспечивая первичный биосинтез и служа кормовой базой для рыб и прочих гидробионтов.

Работа выполнена в связи с потребностью изучения факторов первичного биосинтеза, главным образом вегетации фитопланктона в Невской губе, в условиях антропогенного пресса. Путем анализа литературы и архивных данных за 1978–2024 гг. были установлены значимые факторы, включая содержание биогенных элементов, глубину (рассматриваемую как комплекс факторов), соленость, степень проточности, освещенность (мутность), температуру воды и уровень потребления зоопланктоном.

Было выполнено подробное физико-географическое описание данного водного объекта. Невская губа представляет собой мелководную акваторию в восточной части Финского залива и протягивается на 21 км при максимальной ширине 15 км. Суммарная площадь водной поверхности губы составляет приблизительно 400 км², а объем воды – 1,6 км³. Основным, но не единственным источником ее питания является река Нева, а всего в губу впадает приблизительно 500 водотоков. Вследствие возведения Комплекса защитных сооружений от наводнений (дамбы) соединение акватории с Финским заливом было перекрыто, и ныне она представляет собой закрытый проточный водоем.

Эта акватория отличается сложным распределением глубин, что связано с воздействием речного стока, геологическими особенностями и деятельностью человека. Средняя глубина акватории составляет 3–6 метров, при этом максимальные значения (до 12 м) наблюдаются на западе, ближе к

Кронштадту, а минимальные (менее 1 м) — на востоке, в районе дельты Невы. Донные отложения представлены широким спектром материалов — от валунов до пелитов, их распределение определяется рельефом дна и процессами осадконакопления. Наиболее распространены песчаные отложения различных фракций — от грубозернистых до мелкозернистых. Глинистые отложения включают пелитовые, алевро-пелитовые и смешанные разновидности.

Гидродинамические условия в акватории нестабильны. Наличие отмелей, дамб и изрезанной береговой линии способствует образованию локальных зон застоя во время стоковых течений. Однако эти участки исчезают при смене течений, вызванной ветром или изменением солёности. Скорость движения водных масс колеблется: в северной части она составляет 6–8 см/с, а в южной снижается до 1–5 см/с.

Климатические условия Невской губы отличаются умеренностью температур, высокой влажностью и значительной облачностью, что указывает на его смешанный морско-континентальный характер.

Экосистема Невской губы включает фитопланктон и зоопланктон, составляющие основу пищевой цепи, заросли макрофитов (тростника, камыша и рогоза), создающие места обитания, а также бентосные организмы, в том числе служащие кормом для рыб. Ихтиофауна представлена как массовыми видами (ёрш, судак, окунь, плотва, лещ), так и ценными промысловыми (корюшка, речная и морская минога). Важными компонентами экосистемы также являются водоплавающие птицы (лебеди, утки, лысухи, чайки) и околоводные млекопитающие (норка).

Эвтрофирование водных систем обусловлено комплексом биогенных элементов, однако в условиях умеренного климата ключевым лимитирующим фактором, регулирующим его скорость, обычно становится фосфор. Согласно представленным на рисунке 1.6.1 данным, Невская губа в анализируемый период соответствует статусу мезотрофного водоема. Кроме того, определялся

трофический статус Невской губы по биомассе фитопланктона. Благодаря рисунку 3.3.2 можно сделать вывод о том, что данная акватория также является мезотрофной.

Были проанализированы ключевые первичные продуценты Невской губы, выполняющие важнейшую экологическую функцию как основа трофической сети. Основную продукционную роль играет фитопланктон - главный генератор органического вещества, поддерживающий пищевые взаимодействия и чутко реагирующий на изменения среды.

Также вклад в продуктивность вносят макрофиты. Экологическая роль макрофитов проявляется в снижении эвтрофикации за счет конкуренции с фитопланктоном за биогены и свет, в стабилизации донных отложений и в уменьшении мутности воды.

В данной работе были выделены основные факторы, влияющие на первичный биосинтез фитопланктона. Они включают концентрации биогенных соединений, а конкретно азота и фосфора, глубину (как комплекс факторов), соленость, степень проточности воды, освещенность (мутность), температуру, кислородный режим и выедание зоопланктоном.

Был проведен анализ изменения основных экологических факторов, влияющих на вегетацию фитопланктона в Невской губе, и следовательно, на ее первичный биосинтез.

Влияние глубины, как комплекса факторов, мутности, температуры и проточности воды были рассмотрены на примере гидробиологических станций Невской губы.

Неоднородность распределения продуктивности и биомассы фитопланктона может быть обусловлена различиями в глубине водоема. Данная зависимость объясняется тем, что в глубоководных участках ухудшается вертикальная циркуляция биогенных веществ от донных отложений к поверхностным слоям, что создает лимитирующие условия для развития фитопланктонных сообществ.

При этом глубина выступает комплексным фактором, взаимодействующим с другими параметрами водной среды. Она оказывает прямое влияние на:

1. Показатели мутности воды;
2. Термический режим;
3. Интенсивность водообмена;
4. Степень перемешивания водных масс.

В условиях Невской губы глубина особенно существенно сказывается на проточности и динамике перемешивания водных слоев, что в свою очередь определяет пространственную вариабельность развития фитопланктона.

Высокая концентрация взвешенных веществ в воде ограничивает развитие планктонных сообществ вследствие уменьшения проникновения солнечного излучения в водную толщу. Затеняющий эффект взвеси создает дефицит фотосинтетически активной радиации, что негативно сказывается на продукционных процессах. Световой фактор играет двойную роль в развитии фитопланктона - при оптимальных уровнях освещенности наблюдается стимуляция вегетации водорослей, тогда как при недостатке света происходит угнетение их жизнедеятельности.

В морских экосистемах фитопланктонные организмы преимущественно существуют в условиях светового дефицита, при этом интенсивность их роста демонстрирует прямую корреляционную зависимость от количества доступной световой энергии. Такие условия формируют четкую линейную зависимость между показателями освещенности и величиной биомассы фитопланктона.

Степень проточности, а именно интенсивность циркуляции и перемешивания водных слоев выступает ключевым фактором, определяющим степень равномерности распределения фитопланктона и питательных веществ. В условиях слабой динамики водных масс наблюдается пространственная дифференциация этих компонентов экосистемы.

Температура оказывает влияние на рост, фотосинтез и дыхание микроводорослей. Изменение температуры воды на различных глубинах происходит из-за прогрева, что способствует развитию фитопланктона. Однако у каждого вида фитопланктона есть свой оптимальный температурный диапазон, в пределах которого достигается максимальная продуктивность.

Содержание и соотношение биогенных элементов (фосфора и азота) являются определяющими факторами, регулирующими продуктивность фитопланктона и структуру его сообществ. Концентрация фосфора в данной акватории выступает лимитирующим фактором. При увеличении биомассы фитопланктона происходит уменьшение концентрации фосфора, то есть проявляется классическая обратная зависимость между этими величинами в вегетационный период, когда фосфор потребляется водорослями (рис. 5.1 и рис. 5.4).

Зоопланктонное выедание оказывает прямое регулирующее воздействие на динамику развития, продуктивность и видовую структуру фитопланктонных сообществ. Интенсивность трофического пресса со стороны зоопланктона служит значимым лимитирующим фактором, определяющим количественные и качественные характеристики планктонных продуцентов.

Как демонстрируют данные за 2023–2024 гг. (рис. 5.8 и рис. 5.1), наблюдалась выраженная обратная зависимость между показателями биомассы: значительное увеличение численности зоопланктона привело к существенному угнетению фитопланктонных популяций.

В ходе исследований, были выявлены экологические факторы, влияющие на первичный биосинтез в Невской губе. Проведение данного исследования стало возможным благодаря изучению воздействия различных факторов на вегетационный процесс фитопланктона.

С помощью данных о биомассе с 1978 г. по 2024 г. (рис. 3.3.2) автор разделил эти значения на 3 периода:

1. 1978–2003 гг. – период стабильно небольшой биомассы фитопланктона с тенденцией к некоторому увеличению.

2. 2004–2022 гг. – период резкого увеличения биомассы фитопланктона. Вероятно, по причине снижения водообмена и накопления биогенных веществ, что привело к увеличению трофического статуса Невской губы;

3. 2023–2024 гг. – период резкого сокращения биомассы фитопланктона. Причиной этого, возможно, является выедание зоопланктоном.

На протяжении всех этих временных промежутков освещенность, гидродинамическая активность, зоопланктон, соленость, глубина, температура влияли на фитопланктон в большей или меньшей степени в зависимости от стоков, климатических особенностей и активности человеческой деятельности. Понимание указанных факторов является необходимым для эффективного управления этой экосистемой. Учитывая важность фитопланктона как основы пищевой цепи и первичного биосинтеза, необходимо продолжать исследования в этой области, чтобы обеспечить устойчивое развитие и сохранение экосистемы Невской губы.

Список литературы

1. Алимов А.Ф., Голубков С.М. (ред.) Экосистема эстуария реки Невы: биологическое разнообразие и экологические проблемы // М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008. 477.
2. Нежиховский Р.А. Вопросы гидрологии реки Невы и Невской губы // Государственный комитет СССР по гидрометеорологии и контролю природной среды // Государственный ордена Трудового Красного Знамени Гидрологический институт // Ленинград Гидрометеоздат 1988. 12-16.
3. Нежиховский Р.А. Река Нева и Невская губа // Реки и озера нашей родины // Ленинград Гидрометеоздат 1981. 15-18.
4. Остроумова Л.П., Полонский В.Ф., Солодовникова Т.Ю., Цепелев В.Ю., Макаренко А.П., Лебедева Н.И. Исследования составляющих теплового баланса северного Каспия и Невской губы // Труды государственного океанографического института // Государственный океанографический институт им. Н.Н. Зубова. 2009. 127.
5. Нежиховский Р.А. Река Нева и Невская губа // Реки и озера нашей родины // Ленинград Гидрометеоздат 1981. 59.
6. Сухачева Л.Л., Жакова Л.В., Орлова М.И. К использованию космосъемки высокого разрешения для оценки распределения прибрежной растительности // Региональная экология // Санкт-Петербургский научно-исследовательский центр экологической безопасности РАН. 2015. 84-86.
7. Шилин М.Б., Сычев Б.И., Михеев В.Л. и др. Результаты исследований техносферы Невской губы в РГГМУ // Гидрометеорология и экология. № 60. 2020. 352-353.
8. Голубков М.С. Первичная продукция планктона вдоль градиента солености // Учреждение Российской академии наук Зоологическом институте РАН. Санкт-Петербург. 2010. 3.

9. Ляшенко О.А., Педченко А.П., Суслопарова О.Н. Мониторинг состояния фитопланктона Лужской губы Финского залива в условиях природного и антропогенного воздействий // Среда обитания водных биологических ресурсов // Труды ВНИРО. 2020. Том 179. 150.

10. Шаров А.Н. Фитопланктон холодноводных озерных экосистем под влиянием природных и антропогенных факторов // Министерство науки и высшего образования Российской Федерации Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Санкт-Петербургский научно-исследовательский центр экологической безопасности Российской академии наук // Санкт-Петербург. 2020. 96-99.

11. Шоман Н.Ю. Совместное действие света, температуры и обеспеченности азота на скорость роста и содержание хлорофилла а у морских диатомовых водорослей // Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр «Институт биологии южных морей имени А.О.Ковалевского РАН» // Севастополь. 2020. 129.

12. Никулина В.Н. Фитопланктон как показатель экологического состояния эстуария реки Невы, 2011–2015 // Зоологический институт РАН // Сибирский экологический журнал 3 // Санкт-Петербург. 2019. 344

13. Стельмах Л.В. Закономерности роста фитопланктона и его потребление микрозоопланктоном в черном море // Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт морских биологических исследований имени А. О. Ковалевского РАН» // Севастополь. 2017. 144-145.

14. Ланге Е.К. Современное состояние фитопланктона восточной части Невской губы (Финский залив, Балтийское море) // Водные биоресурсы, аквакультура и экология водоемов // V Балтийский морской форум. Всероссийская научная конференция. Труды. 2017. // Калининградский государственный технический университет. Калининград. 2017. 276-281.

15. Никулина В.Н., Голубков М.С. Структура и функционирование фитопланктона в эстуарии реки Невы в 2011–2016 гг. // Труды Зоологического института РАН Том 324, № 1, Санкт-Петербург. 2020. 162–174
16. Абрамова К.И. Влияние азота и фосфора на особенности развития фитопланктона // Сборник научных трудов института проблем экологии и недропользования АН РТ // Академия наук Республики Татарстан // Казань. 2014. 71-77.
17. Максимова К.С. Динамика поступления биогенных элементов в Чудское озеро со стоком реки Эмайыги // Министерство науки и высшего образования Российской Федерации федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный гидрометеорологический университет» // Санкт-Петербург. 2019. 69.
18. Неверова П.Г., Жданова О.Л., Колбина Е.А., Абакумов А.И. Планктонное сообщество: влияние зоопланктона на динамику фитопланктона // Компьютерные исследования и моделирование // Институт автоматизации и процессов управления ДВО РАН. Владивосток. 2019. 751-768.
19. Жданов В.С., Кан В.А., Неверова Г.П., Жданова О.Л. Влияние зоопланктона на эволюцию фитопланктона // Региональные проблемы // Институт комплексного анализа региональных проблем ДВО РАН. Владивосток. 2022. 158-160.
20. Рахуба А.В. Оценка влияния гидродинамического режима на развитие фитопланктона и качество воды Куйбышевского водохранилища // Ученые записки Казанского университета. 2020. Т. 162. кн. 3. 430-444
21. Влияние турбулентного перемешивания на развитие биологических процессов в водных экосистемах // Информационная система «Динамические модели в биологии» // Кафедра биофизики МГУ. 2001-2025. // URL: <https://dmb.biophys.msu.ru/registry?article=9818> (дата обращения: 13.05.2005).

22. Гончаров А.В., Абдуллаева К.М. Особенности фитопланктона Москворецких водохранилищ в связи с их глубоководностью и изменением уровня воды // Ученые записки РГГМУ выпуск №34 // Санкт-Петербург. 2014. 128-133.

23. Косенко Ю.В., Баскакова Т.Е., Жукова С.В., Барабашин Т.О., Пятинский М.М. Влияние солености воды на развитие природной гипоксии и уровень первичного продуцирования органического вещества в Таганрогском заливе // Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО») // Водные биоресурсы и среда обитания. Т. 6. №1. 2023. Ростов-на-Дону. 34-47.

24. Фрумин Г.Т., Ипатова С.В. Качество вод Невской губы // Окружающая среда Санкт-Петербурга // Санкт-Петербург.2024. // URL: <https://ecopeterburg.ru/2024/06/19/качество-вод-невской-губы/> (дата обращения: 29.05.2025).

25. Санкт-Петербургские ведомости. Старейшая газеты с 1728 г. России // «Дом для крачки. Как дамба стала часть. Экосистемы финского залива» // URL: https://spbvedomosti.ru/news/country_and_world/dom-dlya-krachki-kak-damba-stala-chastyu-ekosistemy-finskogo-zaliva/ (дата обращения: 30.05.2025).

26. Воденеева Е.Л., Охупкин А.Г., Лебедева М.В. Оценка состояния экосистемы р. Пьяны (Нижегородская область) по фитопланктону // Общая биология Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского, 2010, № 2 (2), с. 388–395.

27. Ежегодник. Состояния загрязнения восточной части Финского залива и Невской губы по гидробиологическим показателям в 2024 году // Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет) // ФГБУ «Северо-Западное УГМС» // Санкт-Петербург. 2025.

28. Акулич Э.В., Дмитриев В.В. Оценка внутригодовой изменчивости основных компонентов экосистемы Невской губы Финского залива и влияние факторов на скорости процессов массообмена в водной экосистеме // Материалы XV Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум – 2023» // European journal of natural history. № 4. 24-29.

29. Сергеев Ю.Н., Кулеш В.П., Дмитриев В.В. Пространственно-неоднородная модель экосистемы эстуария р. Невы. Имитации последствий строительства Санкт-Петербургской дамбы // Санкт-Петербургский государственный университет наук о Земле // Санкт-Петербург. Издательско-полиграфическая ассоциация высших учебных заведений. 2021. 310 с.

30. Донченко В.К., Иванова В.В., Питулько В.М. Эколого-химические особенности прибрежных акваторий // Санкт-Петербург. 2008. 544.