Всероссийский фестиваль творческих открытий и инициатив

«Леонардо»

**Состав биодеструкторов в разрушающейся валежной древесине хвойно-лиственного леса в заказнике «Северный берег Невской Губы»**

Выполнила:

Батуро Мария Алексеевна

ученица 10 «И» класса,

ГБОУ «Академическая гимназия 56»

Руководители проекта:

Иудина Татьяна Анатольевна

Панкратова Ирина Викторовна

 педагоги дополнительного образования

г. Санкт-Петербург

2023 год

**Оглавление**

**Введение**………………………………………………………………………2

**Глава1**.Литературный обзор…………………………………………………4

 ***Раздел I-1.*** *Процесс разрушения древесины*………………………………..4

 ***Раздел I-2.****Сукцессионная серия при разложении древесины*……………7

 ***Раздел I-3****.Почвообразование*………………………………………………..12

**Глава II.** Краткая характеристика растительного покрова заказника «Северное побережье Невской губы»……………………………………...14

 **Глава III.** Объекты, предмет и методы исследования……………………..19

**Глава IV.** Результаты исследования………………………………………….21

**Выводы………………………………………………………………………**..29

**Список литературы…………………………………………………………**.30

**Введение**

 Биодеструкторы в жизни экосистем играют очень важную роль. Именно они переводят сложные органические соединения в простые, участвуя, таким образом, в круговороте веществ и передаче энергии. **Актуальность**

Из-за сильного воздействия антропогенного фактора возможность исследовать лесные массивы в условиях близкого расположения мегаполиса имеется только в ООПТ, в частности заказниках. Статус заказника, которым обладает Северное побережье Невской Губы, позволяет наблюдать и изучать в нем естественные природные процессы, в том числе процесс разрушения древесных остатков, естественную утилизацию гниющей древесины различными биодеструкторами.

**Новизна:** в заказнике с момента его создания (2009г.) хорошо изучена флора высших растений, лихенофлора, микофлора, фауна позвоночных животных. Сведений о фауне беспозвоночных, в том числе почвенных, выполняющих важную роль в деструкции валежной древесины, в литературных источниках обнаружить не удалось.

**Цель исследовательской работы:**

Изучить состав биодеструкторов, участвующих в разложении мертвой древесины хвойно-лиственного леса в заказнике «Северное побережье Невской губы».

**Задачи:**

1. Собрать образцы древесного валежника разной степени разложения

2. Определить состав биодеструкторов в собранных образцах

3.Провести сравнительный анализ состава биодеструкторов , обнаруженных в образцах валежной древесины разной степени разложения

4. Составить трофическую сеть биодеструкторов, принимающих участие в трансформации валежной древесины

**Гипотеза:** разнообразие биодеструкторов возрастает по мере разрушения валежной древесины.

**Глава I. Литературный обзор**

***Раздел I-1. Процесс разрушения древесины***

**Деструкция.** Процесс, в ходе которого естественная среда обитания становится непригодной для существования местных видов живых организмов. Разрушение среды обитания может быть вызвано деятельностью человека или естественными причинами, например, геологическими процессами и изменениями климата. В природе включает длительный период распада на элементы, которые дают основу иным, новым формам жизни.

**Химический состав древесины.** Химический состав древесины всех пород практически одинаков (49–50% углерода, 43–44% кислорода, 6% водорода и 0,1–0,3% азота). Эти элементы образуют органические вещества: целлюлозу (31–50%), лигнин (20–30%) и гемицеллюлозы (19–35%), включающие пентозаны (5–29%) и гексозаны (6–13%). Хвойные породы содержат несколько больше целлюлозы, лиственные – значительно больше пентозанов [1,15].

**Механизм разложения древесины.** Процесс такого преобразования может быть очень длительным – полное разложение крупных стволов отмерших хвойных деревьев в таежных лесах может занимать до нескольких столетий. В нем участвует множество разнообразных организмов, которые, сменяя друг друга, образуют так называемый сукцессионный ряд, где каждое предыдущее сообщество формирует условия для развития последующего. Такие ряды в разных условиях своеобразны и представлены различными группами видов: грибы и насекомые, ветер, термиты [1,19].

**Гниение** – крайне важный процесс, протекающий в природе. Биологическое разложение древесины абсолютно необходимо для нормальной жизни лесных сообществ. За время жизни одного поколения леса в отпад и опад уходит органического вещества в 3–4 раза больше, чем его удерживается в живой фитомассе леса. Со временем необходимые для жизни ресурсы растения исчерпываются, дерево умирает и ложится на землю. Его заселяют грибы и насекомые, продолжая свою жизнедеятельность [11,13,15,16].

Различают два типа гниения:

1. **Деструктивный,** когда разлагаются полисахариды, входящие в состав древесины. Интенсивность разрушения в этом случае определяется содержанием в ней лигнина – сложного полимерного вещества, от которого зависит ее плотность. Чем меньше лигнина, тем интенсивнее происходит разрушение. В древесине лиственных пород его содержится до 20 %, хвойных – до 30 %.

2. **Коррозионный.** В этом случае помимо полисахаридного комплекса разлагаются как клеточные оболочки, так и лигнин. Однако при поражении различными грибами этот процесс протекает неодинаково. В одном случае в древесине образуются пустоты, заполненные остатками неразложившейся целлюлозы (бурые гнили). В других случаях в конечной стадии разрушения древесина светлеет, приобретая белую или светло-желтую окраску (белая коррозионная гниль).

**Стадии деструкции древесины.** Условно выделят 4 стадии разрушения

древесины , которые характеризуются определенными изменениями ее окраски и структуры [16]:

**I** (начальная) - наблюдается потемнение древесины, она приобретает красновато-бурый, оливковый или фиолетово-серый оттенок, сохраняется ее нормальная структура и прочность. Маркеры - усачи и короеды.

 **II** (развитая) - происходят видимые изменения первоначальной структуры древесины, она приобретает равномерный бурый цвет, в ней появляются светлые пятна и полосы, иногда «черные линии», мелкие трещинки и ямки, кремовые или белые пленки. Древесина еще сохраняет достаточную твердость, но ее технические качества уже сильно снижены. Маркер - ферментативная активность грибов.

 **III** (конечная) - в древесине происходят микроскопические изменения, она приобретает внешний вид и структуру, характерные для того или иного типа гниения. Становится легкой, рыхлой, в ней образуются выцветы целлюлозы, мицелиальные пленки. Оболочки клеток сильно утончаются, клетки распадаются. Древесина полностью теряет прочность, легко крошится, ломается, расщепляется на волокна. Маркер – муравьи.

 **IV** - прекращение процесса гниения и начало ее механического разрушения, образованию дупла способствуют насекомые, птицы, др. животные. Маркер – дождевые черви.

 ***Раздел I-2.Сукцессионная серия при разложении древесины*** Последовательный ряд постепенно и закономерно сменяющих друг друга в сукцессии сообществ называется ***сукцессионной серией*** [12]. Сукцессии в природе очень разномасштабные. Они наблюдаются как при смене луговой растительности лесной при зарастании луга, так и при смене сапрофитов и сапрофагов на стволах отмирающих деревьев. Известно, что выделяют два типа сукцессионных смен:1)с участием как автотрофного, так и гетеротрофного населения и 2) с участием лишь гетеротрофов. Второй тип характерен для условий, где уже есть запас или постоянное поступление органических соединений[1,12,13]

**Участники деструкции**

**Ксилофаги** .Растительноядные животные, питающиеся преимущественно [древесиной](https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/87354).

Большинство данных животных - [членистоногие](https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/5645), преимущественно [насекомые](https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/57590), среди которых данное поведение широко распространено и встречается у представителей различных отрядов. Образуют в поражённой древесине [червоточины](https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/1602817). Разные насекомые обладают различной специализацией, например, некоторые ограничиваются деревом определённого типа (определенная степень разложения, твердости, живая или мёртвая древесина, или определённый слой древесины). Многие насекомые ксилофаги обладают [симбиотическими](https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/30800) [простейшими](https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/674505), [бактериями](https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/30644) или [дрожжеподобными грибками](https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/44621) в своих пищеварительных системах, которые помогают им переваривать и расщеплять [целлюлозу](https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/101816). Некоторые, например, [термиты](https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/5289), вырабатывают свой собственный [фермент](https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/1164272) целлюлазу. Другие, питающиеся древесиной, которая разлагается, получают значительную долю питательных веществ из продуктов, выделяемых разнообразными [грибами, растущими в древесине](https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/1466079). Такие насекомые часто переносят споры грибов в определённых, предназначенных для этого, структурах своего тела (микангиях), и инфицируют дерево во время откладывания собственных яиц [15,19,20,23].

**Дереворазрушающие грибы.** Часть их размещается на стволе «неправильно» – вбок геминофором, а часть занимает «правильное» положение – вниз геминофором. Первые – это те, что появились еще на вертикально стоящем стволе, а вторые – выросли уже после его обрушения. Это означает, что заселившие ствол ранее грибы все еще живы и продолжают расти, разлагая крепкую древесину. И лишь когда они закончат свое дело и образование молодых плодовых тел прекратится, им на смену придут новые поселенцы. Эти уже в качестве источника пищи будут использовать мертвое органическое вещество. Биологическое разложение древесины дереворазрушающими грибами становится возможным только в определенных, благоприятных для развития гриба условиях. Характер гниения, преобладающий его тип зависит от того, какими ферментами гриб воздействует на древесину, какие компоненты ее клеточных оболочек и в какой последовательности он разрушает. Заканчивают длительные и сложные процессы биологического разложения древесины грибы, которые относят к гумусовым сапротрофам. В лесах они представлены дождевиками и особенно часто – шляпочными грибами, в огромном числе развивающимися на гнилой древесине и лесной подстилке. В хвойных лесах основную работу по биологическому разложению древесины производят такие виды, как окаймленный и розовый трутовики, сосновая и еловая губка. Древесина лиственных перерабатывается иным комплексом грибов: настоящим и ложным трутовиками, березовой губкой.

***Афиллофоровые и гетеробазидиальные грибы.*** Роль деструкторов мертвого древесного субстрата в лесных экосистемах выполняют преимущественно дереворазрушающие макромицеты, основную часть из которых представляют афиллофоровые грибы. Благодаря наличию у них специальных ферментов, данная группа организмов осуществляет деструкцию мертвого органического вещества, в первую очередь — лигноцеллюлозного комплекса древесины. Традиционно при экологической оценке состояния лесных экосистем они рассматриваются как единая группа. Основная часть видов афиллофоровых грибов является сапротрофами, т. е. развиваются на сухостойной и валежной древесине разной степени разложения. Немногие виды поселяются на живых деревьях. Виды, обитающие на почве и подстилке, являются преимущественно микоризообразователями.

**Микромицеты.** Микроскопические грибы (микромицеты) – гетеротрофные организмы, которые используют различные органические вещества из субстрата или из внешней среды в качестве источников энергии для роста и развития. Источником питания для грибов могут служить метаболиты или остатки водорослей, лишайников, бактерий. Деструктивная активность микромицетов обусловлена химическим и механическим (физическим) воздействием на субстрат. Основными повреждающими факторами в случае роста микромицетов на поверхности дерева являются выделение в процессе жизнедеятельности агрессивных метаболитов (прежде всего, органических кислот и ферментов), а также способность к механическому проникновению в толщу субстрата по микротрещинам.

**Насекомые.** Основную работу по переработке древесины среди **насекомых** выполняют жуки. Личинки комаров-болотниц, мух-журчалок сменят тех, что заселили еще стоящее дерево. На поверженной березе, древесина которой разлагается по типу светлых гнилей, усачей сменят ложнослоники, рогачи, восковики. В рыхлой и влажной древесине лежащих на земле стволов все больше будет личинок двукрылых и жуков-щелкунов. Для них именно теперь среда приобретает оптимальные свойства. В образующиеся полости направятся, личинки ктырей. Насекомые не только непосредственно участвуют в разложении древесного тела, многие выступают в качестве потребителей мицелия и грибных тел, например, жуки-щитовидки. Ко времени поселения их личинок древесина теряет прочность под воздействием дереворазрушающих грибов, мицелий которых в виде плотных белых пленок пронизывает древесину и служит личинкам источником пищи. Есть еще одна существенная функция у этих мелких обитателей леса: они являются важными распространителями древоразрушающих грибов, перенося на своем теле от одного ствола к другому грибные споры[1,12,15]. Покрываясь лишайниками, мхами, высшими **растениями**, разложившиеся стволы становятся идеальными для возобновления древесных пород. Именно на таких возвышениях успешнее всего происходит прорастание древесных семян.

**Черви**. Основную массу органических останков утилизируют именно черви. Дождевые или земляные, черви очень полезны: прорывая свои ходы вдоль мертвого ствола, они разрыхляют его. Вместе с гниющими остатками они поглощают много специфических бактерий. В результате черви оставляют новые почвенные гранулы, которые содержат гуминовые вещества, главными поставщиками которого они являются. Их экскременты (биогумус) превосходят по питательности остальные натуральные удобрения. За год на гектаре почвы образуется 50-120 тонн копролитов, что создает благоприятные условия для существования живых организмов и питательную среду для фауны.

**Нематоды** или круглые черви, — тип [первичноротых](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B5%D1%80%D0%B2%D0%B8%D1%87%D0%BD%D0%BE%D1%80%D0%BE%D1%82%D1%8B%D0%B5) [беспозвоночных](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%B5%D1%81%D0%BF%D0%BE%D0%B7%D0%B2%D0%BE%D0%BD%D0%BE%D1%87%D0%BD%D1%8B%D0%B5) животных. В настоящее время описано более 24 тыс. видов [паразитических](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B0%D1%80%D0%B0%D0%B7%D0%B8%D1%82%D0%B8%D0%B7%D0%BC) и свободноживущих нематод. Они обитают в грунте водоёмов любой солёности и во всём диапазоне глубин, в обрастаниях подводных твёрдых поверхностей, в почве. Нематоды встречаются повсеместно, они играют важную роль в экосистемах почвы и грунта водоёмов, где их численность может достигать нескольких миллионов особей на 1 м². Воздействие нематод на древесину проявляется в следующей последовательности: редукция и полное прекращение выделения живицы, уменьшение и полное прекращение транспирации, увядание и побурение хвои, полная гибель дерева. Увядание растений обусловлено главным образом закупориванием проводящих сосудов газами, поступающими из пораженных участков тканей. Сосновая древесная нематода – червеобразный раздельнополый микроорганизм длиной 0,7-0,9 мм. Нематоды питаются на клетках смоляных каналов, вызывая их быструю гибель. В итоге, уже к концу летнего сезона, дерево полностью гибнет. Увядание хвойных пород, вызываемое нематодами *В.* *xylophilus*, можно отнести к числу наиболее опасных заболеваний хвойных насаждений в мире [21,22,23].

Немаловажную роль в разложении древесины на всех этапах и почвообразовательном процессе играют бактерии, растительные и животные жгутиконосцы, инфузории, раковинные амебы, коловратки, брюхоресничные гастроподы, кольчатые черви «Найс»[13,18,19].

 **Раздел I-3.Почвообразование**

В почвообразовательном процессе большое значение имеет деструкция растительных остатков, в том числе и древесины. Почва представляет собой верхний плодородный слой земли. Это фундамент для любой наземной экосистемы, важнейшим свойством которого является плодородие. Плодородие - это способность почвы снабжать растения питательными веществами, водой и воздухом для их полноценного роста и развития.

**Структура.** Почва состоит из двух компонентов: живой и неживой природы. Роль таких неорганических веществ, как воды, глины, песка, воздуха, а также различных минералов в основном заключается в поддержании специфичных для почвы, расположенной в конкретной местности, условий. Например, плотности или влажности, которые будут определять организмов, способных проживать в данной почве. Форма почвы предоставляет возможность корням определенных растений закрепляться в ней, а животным - создавать норы.

**Почвенная биота.** *Продуценты* в почвах представлены подземными частями растений, непосредственно не участвующими в фотосинтезе и бактериями-хемосинтетиками –автотрофами, получающими энергию для синтеза органических соединений за счет окисления неорганики. Представителями таких бактерий являются: ***цианобактерии —*** почвенные водоросли обеспечивают почву кислородом, связывают атмосферный азот в нитриты, а затем в нитраты, формируют комковатую структуру почвы; ***железобактерии*** - в процессе окисления двухвалентного железа из гидрокарбоната железа (II) образуются гидроксид железа (III) с выделением углекислого газа; с***еробактерии*** - получение энергии при окислении соединений серы, например, сероводорода, сульфидов; н***итрифицирующие бактерии*** - окислительное воздействие на аммиак, выделяющийся в процессе гниения, с получением азотистой или азотной кислоты; ***нитрозные и нитритные бактерии*** - синтез необходимых органических соединений из углекислого газа; ***водородные бактерии*** – способны окислять водород и использовать высвобождающуюся энергию для синтеза органики. Продуцентами являются почвенные зеленые и желто-зеленые водоросли [3,6,11].

**Консументы** в почвенной среде, поскольку она выступает значимой составляющей во всех экосистемах, представлены самыми разнообразными потребителями органического вещества.

**Редуценты** в почве способствуют превращению растительных остатков в перегной, а затем в минеральные соли. Они являются последним, и очень важным, звеном пищевой цепочки [1,11].

**Глава II. Краткая характеристика растительного покрова заказника «Северный берег Невской губы»**

Территория нынешнего заказника, созданного в 2009 году, получила охранный статус еще в начале XVIII в., когда указом Петра I все леса по северному побережью Невской губы были объявлены заповедными. В 1723 г. по указу Петра I на части территории современного заказника была создана усадьба «Ближние Дубки» с небольшим регулярным парком. В парке посадили дубы и липы, многие из которых сохранились до наших дней. В первой половине XX в. территория заказника вошла в состав Северо-Приморского лесопарка с регламентированным режимом лесопользования. В результате проведенной мелиорации здесь стали формироваться древостои березы, ели и сосны. В годы Великой Отечественной войны леса подвергались рубкам.

Территория входит в состав физико-географического района Приневской низменности. Литориновая терраса, в пределах которой полностью располагается заказник, представляет собой наиболее низкую часть этого ландшафтного района. Основную площадь заказника занимают пологие древние береговые валы с еловыми, сосновыми и лиственными, преимущественно березовыми, лесами, где встречаются разнообразные по составу небольшие болота и временные водоемы. Вдоль побережья Невской губы тянется современный береговой вал, на котором можно встретить различные широколиственные деревья, в том числе старые дубы. Весной на береговом валу и в прилегающих к нему лесах массово цветут первоцветы. На современной морской террасе вдоль всего побережья распространены высокотравные приморские луга. Примыкающая к побережью акватория Финского залива покрыта густыми зарослями тростника и камыша. Эти биотопы служат местом массовых стоянок водоплавающих и околоводных птиц [10].

 **Леса.** Растительный покров заказника характеризуется большим фитоценотическим разнообразием. Многократные нарушения естественных лесных сообществ привели к тому, что пространственная структура растительного покрова очень неоднородна. Наибольшие площади в заказнике заняты лесами (85.2 %), среди которых представлены хвойные, мелколиственные, черноольховые и широколиственные сообщества.

**Широколиственные леса.** Наличие участков широколиственного леса с присущим ему набором травянистых видов придают заказнику особую ценность, т. к. подобные типы леса редки на территории Санкт-Петербурга и существуют здесь благодаря смягчающему влиянию Финского залива. Широколиственные древостои распространены в западной части заказника. В настоящее время широколиственные леса приняли вид естественных лесов, а не парковых насаждений.

Старовозрастные дубы встречаются в разных частях заказника, особенно они характерны для современного берегового вала. Эти леса образованы дубом черешчатым (*Quercus robur*) и липой сердцелистной (*Tilia cordata)*[9].

**Еловые леса**. Еловые леса занимают наибольшие площади среди хвойных лесов заказника (16.1 %). Преобладающим типом являются ельники кисличные, которые произрастают на пологих древних береговых валах. Они характеризуются довольно сомкнутыми древостоями. В древостое всегда присутствует береза (до 40 %) , а также ельник кисличный. и сосна (не более 10 %). В подлеске с небольшим обилием встречается рябина. Подрост ели малочисленный. Доминант — кислица, в большинстве сообществ в качестве содоминанта участвует черника. Постоянные виды сообществ — майник (*Maianthemum bifolium*), золотая розга (*Solidago virgaurea*), ожика волосистая (*Luzula pilosa*). Часто в составе сообществ принимают участие: бор развесистый (*Milium effusum*), звездчатка ланцетолистная (*Sellaria holostea*), ветреница дубравная (*Anemonoides nemorosa*). Моховой покров фрагментарный, его проективное покрытие не превышает 30 %. Для таких лесов характерны более южные, зеленые мхи — *Rhodobrium roseum*, *Ciriphyllum pilife rum*, *Rhitidiadelphus triquetrus*, *Sciuro-hypnum curtum*. В северной части территории на плоских террасах, часто осушенных в прошлом, произрастают вторичные березово-еловые мелкотравно-злаковые леса. В межваловых понижениях можно встретить березово-еловые кислично-папоротниковые леса. В верхнем подъярусе травяно-кустарничкового яруса в этих лесах доминируют крупный папоротник, и щитовник шартрский; в нижнем подъярусе преобладает кислица. Моховой покров не развит[10].

**Сосновые леса**. Сосновые леса занимают всего лишь 6.5 % площади заказника и распространены в основном в его восточной части. В древостоях сосняков почти повсеместно участвует береза. Во всех типах сосновых сообществ и в подросте присутствует ель, что указывает на вторичный характер сосняков и происходящий в настоящее время процесс восстановления ельников. Сосновые с березой и елью мелкотравно-черничные леса занимают наиболее сухие местообитания на древних береговых валах. Доля березы по числу стволов в древостоях составляет от 10 до 30 %. Ель изредка присутствует. Для сообществ характерен довольно густой подлесок из рябины. В травяно-кустарничковом ярусе доминирует черника[10].

**Березовые леса**. Наиболее распространены и разнообразны по составу на территории заказника березовые леса, они занимают 50 % всей площади. Наибольшая часть березняков представляет собой смешанные древостои с хвойными, широколиственными породами, черной ольхой и осиной. Эти леса растут на довольно богатых почвах, которые сформировались на двучленных наносах: в верхней части профиля почвообразующие породы представлены легкими суглинками или супесями, ниже залегают морские пески со щебнем, галькой и мелкими валунами. В сходных условиях произрастают близкие по составу березняки кислично-травные. В их древесном ярусе присутствует ель, а роль широколиственных пород несколько меньше. В некоторых сообществах густой подлесок образует рябина. Постоянные виды сообществ - щитовник шартрский, бор развесистый, золотая розга, ожика волосистая, звездчатка дубравная. Моховой покров не развит. Березняки черничные небогаты по видовому составу. В древесном ярусе могут присутствовать сосна и ель. В травяно-кустарничковом ярусе доминирует черника. Они произрастают всегда на естественно дренируемых или хорошо осушенных грунтах. В восточной части территории на современном береговом валу встречаются разреженные березовые с сосной древостои с разнотравно-злаковым покровом. Ближе к центральной части заказника в них появляется дуб. В березняках проективное покрытие мхов невелико — 15–30 %, среди них типичные влаголюбивые виды[9]. В плоских понижениях и на участках, прилегающих к склонам береговых валов, распространены березовые и елово-березовые кислично-папоротниковые леса с преобладанием в травяном покрове крупного папоротника щитовника распростертого (*Dryopteris expansa)*. Вдоль северной границы заказника, на подтопляемых участках, характерны черноольхово-березовые леса вейниковые и папоротниковые, в которых травяной покров формируют вейник седеющий, щитовник распростертый, кочедыжник.

**Черноольховые леса**. Черноольховые леса преобладают в прибрежной полосе, а также в межваловых депрессиях характерны черноольховые леса: они занимают 7.8 % площади заказника. Вблизи парка «Ближние Дубки» встречаются березово-черноольховые леса с участием широколиственных пород. В этих лесах до 20 % древостоя приходится на дуб. Для сообществ характерен довольно густой подлесок с преобладанием черемухи и калины, также встречаются лещина, рябина, смородины колосистая и альпийская, свидина. В травяном покрове с наибольшим обилием представлены зеленчук, пролесник, сныть, звездчатка дубравная, кислица [10].

 **Мхи.** Список мохообразных заказника «Северное побережье Невской губы» в настоящее время включает 123 вида [9]. Наибольшее разнообразие

мохообразных на Северном побережье Невской губы выявлено в сообществах березово-черноольховых лесов. 53 вида, среди них (*Myuroclada longiramea*), (*Mnium hornum* и *Plagiothecium latebricola*) включены в Красную книгу Санкт-Петербурга (2018) [10].

 **Грибы**. На территории заказника «Северное побережье Невской губы» было изучено видовое разнообразие сумчатых и базидиальных макромицетов. Всего выявлено 714 видов, из них 4 вида занесены в Красную книгу Российской Федерации (2008). В настоящее время в заказнике «Северное побережье Невской губы» выявлены 257 видов афиллофоровых и 20 видов гетеробазидиальных макромицетов. Эти группы грибов представлены преимущественно сапротрофными дереворазрушающими макромицетами, поселяющимися на сухостойной или валежной древесине различных лиственных и хвойных пород, а также на подстилке [10].

 **Лишайники.** В результате проведенных исследований на территории заказника «Северное побережье Невской губы» выявлено 189 видов лишайников [10], нелихенизированных калициоидных, лихенофильных и сапротрофных грибов из 43 семейств. Из них один вид является представителем отдела *Basidiomycota*, остальные — отдела *Ascomycota .*

**Глава III. Объекты, предмет и методы исследования**

**Объекты исследования:**

древесный опад разной степени разложения, образованный деревьями различных пород, произрастающими на территории заказника «Северный берег Невской Губы**»**

**Предмет исследования :**

состав организмов, участвующих в разложении древесины

**Методы исследования:**

* маршрутный
* микроскопический
* цитохимический
* сравнительно-аналитический
* математический
* метод фотографирования

Исследование проводилось 2021-2023 году на территории заказника «Северное побережье Невской Губы» г.Санкт-Петербург. Материал собирался по профилю лесного массива заказника от Приморского шоссе до акватории Невской губы. Были собраны образцы (каждый в трехкратной повторности ), характеризующие разные стадии разложения древесины. Все образцы собирались в березово-еловом кислично-папоротниковом лесу.Описание леса проводилось по общепринятой методике (метод пробных площадей) геоботанического описания. В верхнем подъярусе травяно-кустарничкового яруса в этих лесах доминируют крупный папоротник щитовник распростертый (*Dryopteris expansa)* и щитовник игольчатый (*Dryopteris cartusiana)*; в нижнем подъярусе преобладает кислица (*Oxalis acetosella*). В составе сообщества принимают участие: бор развесистый (*Milium effusum*), звездчатка ланцетолистная (*Sellaria holostea*), ветреница дубравная (*Anemonoides nemorosa*)[8]. Напочвенный моховой покров фрагментарный, его общее проективное покрытие 25-30%.

При взятии образцов проводилось краткое описание покрова древесины: отмечалась порода дерева (при возможности), состав обрастания (водорослевый налет, присутствие грибов, лишайников, мхов, высших растений и пр.).При камеральной обработке образцов систематический состав организмов определялись с использованием определителей [2,3,4,5,8,9,11]. Из каждой пробы одного образца препарировалась биопленка обрастания: приготавливались временные препараты (не менее 5) и просматривались с помощью цифрового микроскопа Levenhuk Zoom & Joy. Состав микроорганизмов, живущих на древесине, фиксировался с помощью цифрового фотографирования при б/у 15х40. Всего было просмотрено более 100 временных микропрепаратов.

Для определения видового состава протистофауны применялся цитохимический метод. Для контрастирования морфологических и морфофизиологических особенностей клеток использовались витальные и летальные красители. Для контраста внешнего покрова применяли такие витальные красители, как альциановый синий в разведении 1:1000, конго красный. При изучении внутренней морфологии клетки использовали летальные красители: метеленовая зелень и ацетоарсеин для обнаружения ядерного аппарата, люголь – для выявления органоидов передвижения, судан III – наличие запасных питательных веществ и резервных элементов. При определении таксона использовались классические определители [](Гельцер ,1991;Мазей, 2006).

 **Глава IV. Результаты исследования**

 ***Степень гниения I.***

**А)** Ствол березы. Ствол сухой, наполовину сломанный, но древесина еще достаточно плотная., бурая. Под корой следы короедов*.*:заболонника *(Scolytus sp.),*темнотелки большой *(Peltis grossa) , темнотелки бурой (Ostoma ferruginea).* На стоящей части ствола расположены полуразрушенные плодовые тела трутовика окаймленного (*Fometopsis pinicula*), на лежащей части ствола остатки плодового тела чаги (*Inonotus obliaquus*)[2,10]. На поверхности еще не опавшей, но уже начинающей отделяться коры, виден красный налет из зеленой водоросли р.Трентеполия (*Trentepohlia*). В микропрепаратах зафиксированы группа растительных жгутиконосцев, группа животных жгутиконосцев, мицелий грибов,цианобактерии из р. Синехококкус *(Synechococcus)*, микроскопические зеленые водоросли :нитчатые талломы *Trentepohlia ,редкие* малочисленные колонии плеврококка (*Pleurococcus* *vulgaris*), одиночные клетки хлорококка (*Chlorococcum humicola )* и хлореллаы (*Chlorella vulgaris*). На лежащей части ствола остатки плодового тела чаги (*Inonotus obliaquus*)[2,10]. Древесина этой части ствола бурая , под опавшей корой - следы деятельности жука темнотелки бурой (*Ostoma ferruginea*).

 **Б).**Валежная береза. Древесина еще плотная.,темно-бурая. Кора с темными трещинами. Кора продырявлена вентиляционными ходами заболонника *(Scolytus sp.)* На коре местами зеленый налет из эпифитных водорослей, лишайник гипогимния трубчатая (*Hypogymnia tubulosa*), плодовые тела бьеркандеры опаленной (*Bjerkandera adusta*). Микропрепрепарирование коровых налетов биопленок показало наличие зеленых водорослей: плеврококка (*Pleurococcus* *vulgaris*), хлорококка

(*Chlorococcum humicola )* и хлореллы (*Chlorella vulgaris*), цианобактерий из.р.Синехококкус *(Synechococcus),*группа растительных и животных жгутиконосцев, цисты простейших.

 ***Степень гниения II***

 Кора березы на упавшем дереве ***сильно разрушена.*** На стволе встречаются плодовые тела настоящего трутовика (*Fomes fomentarius*) и флебии радиальной (*Phlebia radiata*)[2]. Древесина бурая. На коре валежника тонкий слой мхов из плагиомниума среднего (*Plagiomnium medium*) и ризомниума точечного (*Rhizomnium punctatum)*, на микропрепаратах диатомовые водоросли из р.Навикула (*Navicula)*, р.Пиннулярия (*Pinnularia*), цисты простейших, раковинные амебы рода *Difflugia, Trinema enchelys, Corythion dublium.*

***Степень гниения II-III***

***А***).Голая валежная древесина. Порода дерева не идентифицируется. Покрыта местами печеночным мхом птилидиумом красивейшим *(Ptilidium pulcherrinum).* Отмечен также эпифитный лишайник пармелиопсис сомнительный (*Parmeliopsis ambigua*) сохранившийся местами на небольших остатках коры[4,9]. Наличие этого лишайника дает нам право на предположение,что ствол принадлежит лиственной породе [10].Кора крошится.На микропрепаратах отмечены бактерии, цианобактерии из р.Синехококкус *(Synechococcus),* ризоиды мха.

 Б)Оголенный пень. Кора отсутствует. Древесина бурая, но еще плотная. В нижней части пня-дупло, выклеванное дятлом желной(рис.1)

*.* На пне обнаружены многочисленные однолетние плодовые тела энтоломы еловой *(Entoloma piceinum.)[2,10].* Местами пень оброслистостебельными мхами: гомалия трихомановидная *(Homalia trichomanoides),* плагиотециум вогнутолистный *(Plagiothecium cavifolium),* сциурогипнум отогнутый *(Sciuro-hypnum reflexum)[7,10],* протонема мхов, гифы грибо*., На микропрепаратах встречены раковинные амебы Trinema linea*, *Stylonychia Colpoda,* простейшие инфузории рода *Corythion dublium*, растительные и животныежгутиконосцы.Обнаружены лишайники: гипогимния вздутая *(Hypogymnia physodes*), лецидия скученная *(Lecidea glomerulosa)*[4].

***Степень гниения III.***

**А).** Валежная гнилая древесина. Кора тонкая полуразрушена. Древесина ствола принадлежит широколиственной породе (скорее всего липе сердцевидной) , сильно разрушена, *темная,* покрыта мхами: стереодон бледноватый (*Stereodon pallescens*), сциурогипнум короткий (*Sciuro-hypnum curtum*), с.оттогнутый *(S.reflexum),* платигириум *ползучий (Platygyrium repens ).* Под моховой пластинкойобнаруженхищняк пахучий *(Ocypus olens)*[5]*.* На микропрепаратах зафиксированы: диатомовые водоросли р.Пиннулярия (*Pinnularia*), растительные жгутиконосцы и животные жгутиконосцы, инфузория сувойка, раковинные амебы рода *Trinema (T.linease, T.enchelys, T.complanatum),рода Corythion (C.dublium, C.pulchellum, C.orbiculsris), рода Assulina,* нематоды, коловратки, цисты простейших**.**

 **Б).** Валежная древесина осины. На стволе разрушающиеся плодовые тела трутовиков *Fellinus tremulae —* ложный осиновый трутовик*.* Кора хрупкая ломкая, с остатками эпифитных лишайников из *р.Lecidea* [4], частично покрыта мхом дикранеллой разнонаправленной (*Dicranella heteromalla).* Обнаружено 2 вида насекомых: проволочник сем. Щелкуны (*сем.Elateridae*), рогач жужелицевидный (*Platycerus caraboides*)[5]. *Древесина темно-бурая.* На микропрепаратах зафиксированы раковинные амебы  *Trinema linease, T.complanatum,Corythion dublium,*клетки цианобактерий р. Синехококкус *(Synechococcus),* жгутиконосцы,нематоды, черви «Найс» .

***Степень гниения IV.***

 *Разложившаяся древесина. Порода дерева не идентифицируется Прослеживаются очертания упавшего ствола в виде валика. Древесины практически нет, ее остатки черного цвета. Поверхность покрыта мхами, это: родобриум розетковидный (*Rodobrium roseum*), плагиомниум волнистый (*Plagiomnium cuspidatum*), полия поникшая (*Pohlianutans); из мхов торчат побеги кислицы и звездчатки ланцетолистной. *Обнаружен дождевой червь (Lumbricus terrestris*), мелкие муравьи. *В микропрепаратах моховой подстилки, граничащей с остатками древесины зафиксированы: протонема мхов, цианобактерии р.Синехококкус* (Synechococcus), цисты покоя растительных и животных жгутиконосцев ( в биоте появляются космополитные почвенные растительные жгутиконосцы из 17 родов и зоожгутиконосцев из 13 родов [11]) *и инфузорий; раковинные амебы рода Trinema (T.linease, T.enchelys, T.complanatum*), *рода Corythion (C.dublium, C.pulchellum, C.orbiculsris*), *рода Assulina (A.muscorum*),нематоды *рода Rhabdithis*,кольчатые черви из рода Nise.



Рис.1.Оголенный пень с плодовыми телами энтоломы еловой (*Entoloma piceinum).*

 В результате сравнительного анализа образцов удалось получить данные о систематическом составе некоторых организмов-деструкторов. В образцах было определено 2 вида цветковых растений, 13 видов мхов,1 вид цианобактерий, 4 вида эпифитыхн зеленых водорослей, 5 видов лишайников, 6 видов трутовых грибов, 7 видов раковинных амеб, а также зафиксированы виды из групп жгутиконосцев, 3 вида инфузорий, нематод, кольчатые черви из р.«Найс»,1 вид из р.Дождевого червя, 4 вида насекомых, 1 вид птиц.



Царства организмов

Рис.2 Таксономический состав высшего ранга организмов-деструкторов,участвующих в разложении древесины.

Рис.3. Изменение количества видов биодеструкторов от первых к завершающим стадиям разложения древесины

Рис.4 Изменение таксономического состава биодеструкторов на разных стадиях разложения древесины.



Обозначения: **ось ординат**- количество таксонов организмов,участвующих в деструкции древесины; **ось абсцисс**-стадии гниения древесины:

1-начальная стадия гниения древесины;2-развитая стадия гниения древесины;3-конечная стадия гниения древесины;4-стадия прекращения гниения древесины

 Сравнение разных стадий разложения древесины показало, что на первых этапах сукцессионной серии деструкции древесины участвуют 12 видов организмов из 5 высших таксонов,на втором этапе количество видов удваивается и составляет 25 и принадлежат они 10 таксонам.На третьей завершающей стадии деструкции древесины нами зафиксировано 30 видов организмов из 13 таксонов (Рис.2,3).На стадии полного рпзрушения древесины количество видов деструкторов снижается до 25 из 10 таксонов.Таким образом, от первых к завершающим стадиям гниения древесины разнообразие организмов , участвующих в процессе деструкции увеличивается вдвое (рис.4). При прекращении процесса гниения древесины и начало ее механического разрушения количество деструктров снижается,в составе биоценоза появляются типичные представители почвенной биоты.

 Отметим, что наличие эпифитных водорослей характерно только для первой стадии гниения валежника , они исчезают при поселении мхов.

 На всех стадиях разложения древесины зафиксировано присутствие бактерий, раковинных амеб, инфузорий.Обрастание мхами валежника не зависит от степени разложения древесины.

 Изученная сукцессионная серия деструкции древесины позволила составить трофическую сеть организмов,участвующих в процессе разложения древесины (Рис.5).

Рис.5.Трофическая сеть организмов,участвующих в процессе разложения древесины.



 **Выводы**

1. В собранных образцах определен состав макроорганизмов и микроорганизмов, поселяющихся на поверхности древесины разной степени разрушения.

2.Разнообразие организмов составило на момент сбора образцов 49 видов из 13 таксонов высшего ранга.

3.Определено направление формирования биоценозов деструкторов в разрушающейся древесине: чем сильнее трансформируется древесина, тем разнообразнее состав биоты.

4. Составлена трофическая сеть организмов, принимающая участие в процессах разложения древесины

Выдвинутая нами **гипотеза** о том, чторазнообразие биодеструкторов возрастает по мере разрушения валежной древесины **подтвердилась.**

**Список литературы**

1.Биоповреждения:Учеб.пособие для биол. спец. вузов /В.Д.Ильичев, Б.В.Бочаров, А.А.Анисимов и др.;Под ред.В.Д.Ильичева.-М.:Высш.шк.,1987.-352с.

2. Гарибова Л.В.,Сидорова И.И. Грибы.Энциклопедия природы России.-М.,1997.-352с.

3.Гельцер Ю.Г. Свободно живущие Protozoa как компоненты почвенной биоты//Проблемы почвенной зоологии.Материалы доклада X Всесоюзн.Совещания .1991.-С.161-168

4. Голубкова Н.С.Определитель лишайников Средней полосы Европейской части СССР.М-Л.,Наука,1966.-256с.

5. Горностаев Г.Н. Насекомые.Энциклопедия природы России.-М.:ABF,1998.-560с.

6. Звягинцев Д.Г.Почва и микроорганизмы.М.,Изд.МГУ.,1987.-231с.

7. Игнатова Е.А., Игнатов М.С., Федосов В. Э. Краткий определитель мохообразных Подмосковья.М.,Товарищество научных изданий КМК,2011.- 320с.

8. Иллюстрированный определитель растений Ленинградской области/под ред. А.Л.Буданцева и Г.П.Яковлева.-М.:Товарищество научных изданий КМК,2006.-799с.

9. Макрый Т.В. Экология лишайников. В кн.: Флора лишайников России: Биология, экология,разнообразие,распространение и методы изучения лишайников/ Отв.ред. М.П.Андреев, Д.Е.Гимельбрант.-М.;СПб.: Товарищество научных изданий КМК,2014.-С.187-204

10. Природа заказника «Северное побережье Невской губы» / Ред. Е. А. Волкова, Г. А. Исаченко,В. Н. Храмцов.— СПб., 2020.— 240 с.

11.Почвенная микробиология/Пер.с англ. В.В.Новикова;Под ред. и с предисл. Д.И. Никитина.-М.:Колос,1979.-316с.

12.Чернова Н.М.,Былова А.М. Общая экология: учебник для студентов педагогических вузов/Н.М.Чернова,А.М.Былова.-М.:Дрофа,2004.-416с.

Интернет ресурсы:

13.<https://spravochnick.ru/ekologiya/organizaciya_na_urovne_soobschestv/pochvennye_ekosistemy/>

14.<https://probakterii.ru/prokaryotes/species/bakterii-hemosintetiki.html>

15.[Тайная жизнь мертвых деревьев - Интернет-журнал «Живой лес» (givoyles.ru)](https://givoyles.ru/articles/nauka/tainaya-zhizn-mertvyh-derevev/)

16.[http://obsledovatel.ru/attachments/article/205/Древесина.%20Гниение.pdf](http://obsledovatel.ru/attachments/article/205/%D0%94%D1%80%D0%B5%D0%B2%D0%B5%D1%81%D0%B8%D0%BD%D0%B0.%20%D0%93%D0%BD%D0%B8%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5.pdf)

17.<https://thepresentation.ru/img/tmb/3/227867/42713ae2610f25da132bd6a9020de1e6-800x.jpg>

18.<https://farm-worm.com/znachenie-chervej>

19.[ДРЕВЕСИНА • Большая российская энциклопедия - электронная версия (bigenc.ru)](https://bigenc.ru/technology_and_technique/text/2631056#:~:text=Химич. состав Д. всех пород,лиственные – значи%25)

20.[Ксилофаги | это... Что такое Ксилофаги? (academic.ru)](https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/1311241?ysclid=l9n3mv3j2t343458913)

21.[Диссертация на тему «Нематоды рода Bursaphelenchus и их взаимосвязь с бактериями-симбионтами на хвойных породах», скачать бесплатно автореферат по специальности ВАК РФ 03.02.11 - Паразитология (dissercat.com)](https://www.dissercat.com/content/nematody-roda-bursaphelenchus-i-ikh-vzaimosvyaz-s-bakteriyami-simbiontami-na-khvoinykh-porod?ysclid=l9n43aiti9790278610)

22.[Нематоды — Википедия (wikipedia.org)](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9D%D0%B5%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%BE%D0%B4%D1%8B)

23.[Сосновая древесная нематода | ТЕЛЕПОРТ.РФ (teleport2001.ru)](https://www.teleport2001.ru/upravlenie-rosselhoznadzora-po-zabaykalskomu-krayu-i-amurskoy-oblasti/2013-08-29/33081-sosnovaya-drevesnaya-nematoda.html?ysclid=l9n40j04uh311882946)

24.<https://psv4.userapi.com/c237031/u467512677/docs/d18/86e4ff73f6f2/1178505867.docx?extra=a8mlbV_16CECi8BY4rtaXPiiTxVAezFcV7yIaDFbj785pCL_wfo7NUgexTnZmTsyrU55pF5FCoB7ywywUGyUNUelYHnAVG-WoB11Vw453Oe9K1E74rJ0eKMa_ceoDLN0emXnAuZZgbmHfpGNjvSREg71>

