

Санкт-Петербургский государственный университет

ШАТСКИХ Ксения Николаевна

Выпускная квалификационная работа

Макрофауна почв разной степени увлажнения на примере Лисинского учебного-опытного лесничества

Уровень образования:

Направление *06.03.02 «Почвоведение»*

Основная образовательная программа *СВ.5022 «Почвоведение»*

Научный руководитель: д.с.-х.н., профессор

кафедры почвоведения и экологии почв

Апарин Б.Ф.

Соруководитель: к.б.н., в.н.с.,

ЦМП им. В.В. Докучаева – филиал ФГБНУ ФИЦ

«Почвенный институт имени В.В. Докучаева»

Пятина Е.В.

Рецензент: к.б.н., доцент кафедры биологии и

почвоведения ФГБОУ ВО ОГУ

Булгакова М.А.

Санкт-Петербург

2022

Содержание

Введение.....	3
1. Обзор литературы.....	5
1.1. Современная классификация почвенных беспозвоночных.....	5
1.2. Структурно-функциональная организация почвенных беспозвоночных.....	6
1.3. Влияние почвенных условий на численность и распределение макропедофауны	9
2. Природные условия района исследования.....	12
2.1. Климат.....	12
2.2. Рельеф.....	13
2.3. Почвообразующие породы.....	13
2.4. Гидрографическая сеть.....	14
2.5. Растительный покров.....	14
2.6. Почвообразовательные процессы.....	17
3. Объекты и методы исследования.....	20
4. Результаты и обсуждения.....	22
4.1. Морфологическое описание.....	22
4.2. Физико-химические свойства исследуемых почв.....	26
4.3. Растительный покров исследованных участков	29
4.4. Макропедофауна исследованных участков.....	31
Выводы.....	37
Список литературы.....	38
Приложения.....	41

Введение

Макропедобионты являются не только одним из важнейших компонентов наземных экосистем, но и регулятором почвообразования и других биогеохимических процессов, поэтому данные об их сообществах служат важным источником информации о структурно-функциональной организации биогеоценозов (Камаев И.О., Рыбалов Л.Б., 2010).

Несмотря на то, что почвенные беспозвоночные – значимый компонент наземных биогеоценозов, которые не только обитают в этой среде, но и создают ее как основу всей наземной экосистемы, выполняя функцию экосистемных инженеров, закономерности смены комплексов населения почвенной макрофауны в градиентах природных факторов среды, в частности в условиях Северо-Запада, практически не изучены. Хотя последнее является актуальным для изучения воздействия глобальных климатических изменений на экосистемы высоких широт (продвижение границы леса, динамика болотообразовательных процессов и др.) (Камаев И.О., 2012).

Разнообразие условий и типов биогеоценозов может быть следствием фрагментации рельефа, так как его неоднородность обуславливает перераспределение факторов, прежде всего, тепла и влаги, приводя к образованию экологических градиентов. В бореальной зоне формирование градиента увлажнения почв зачастую является следствием широкого распространения процессов заболачивания (Вомперский С.Э., 1994).

Все вышеизложенное определило цель работы – изучить структурно-функциональную организацию населения почвенной макрофауны в градиенте увлажнения Южной тайги Северо-Западного региона на примере Лисинского учебно-опытного лесхоза (полигон «Гришкино»).

Для достижения цели исследования были поставлены следующие задачи:

- изучить и проанализировать морфологические и физико-химические свойства почв полигона «Гришкино»;
- изучить видовой состав и численность почвенной макрофауны;
- выявить особенности распределения макрофауны по трофическим группам;
- изучить ярусное распределение беспозвоночных в исследованных биотопах.

«Гришкино», как полигон для изучения свойств почв и процессов заболачивания, был исследован еще в 1967 г. Г.Ф. Копосовым и Б.В. Надеждиным. Исследования почвенного покрова и растительности на этой территории возобновлены сотрудниками ЦМП им. В.В. Докучаева в 2021 г., однако, нами впервые было проведено изучение макропедофауны полигона и ее связи с почвенными условиями. Полученные результаты

могут служить как источником базы данных, так и основой для продолжения мониторинговых исследований.

1. Обзор литературы

1.1 Современная классификация почвенных беспозвоночных

Почва, ввиду своего сложного строения, обладает рядом отличий как среда обитания. В первую очередь, стоит отметить, что она обладает более стабильными и менее динамичными условиями по сравнению с поверхностью. Гетерогенность почвы обуславливает высокое таксономическое и экологическое разнообразие её животного населения. Так, одновременно в почве могут уживаться от физиологически водных экологических групп до физиологически строго наземных (Гиляров М. С., 1982).

Почва благодаря своей сложной «архитектуре» (наличию агрегатов неодинаковой величины, микро- и макрополостей и др.) имеет большой спектр пространственных ниш, заселенных разнообразными группами почвенных животных, размеры которых колеблются в широком диапазоне (от 5 мкм до 20-30 см и более). Традиционно в отечественной литературе принято выделять 4 размерные группы по классификации М. С. Гилярова (1965).

1. Эумикрофауна (нанофауна) – одноклеточные простейшие, размером не более 0,16 мм, живущие в водной фазе почвы, многие из которых являются типичными гидробионтами.

2. Микрофауна – многоклеточные микроскопические животные размером 0,16-1,3 мм, обитающие в порах и пустотах почвы. К ним относят клещей, коллембол, энхитреид, коловраток и нематод.

3. Мезофауна – это самая многочисленная группа почвенных животных, представляющая собой крупных беспозвоночных, размером 1,3-82 мм, обитающих как в пустотах, так и в самой твердой фазе и способных к вертикальным миграциям. Ее представителями являются пауки, многоножки, насекомые, дождевые черви и др.

4. Макрофауна – группа крупных беспозвоночных и позвоночных, к ней причисляют животных постоянно живущих в почве и выходящих кормиться на поверхность (жабы, ящерицы, змеи, грызуны, землерой).

В настоящее время, как зарубежные, так и многие отечественные авторы пользуются классификацией, имеющей ряд отличий от представленной ранее. В современной англоязычной литературе микрофауна и эумикрофауна используются как синонимы, к мезофауне относят мелких членистоногих (клещей и коллембол), а к макрофауне крупных беспозвоночных. Почвобитающих позвоночных относят к специальной группе мегафауны (Безкорвайная И.Н., 2014). Поэтому в данной работе под терминами «макрофауна» и

«макропедофауна» будут пониматься крупные почвенные беспозвоночные животные размером более двух миллиметров, например, пауки, насекомые, дождевые черви (Menta С., 2012).

1.2. Структурно-функциональная организация почвенных беспозвоночных

Степень связи с почвенной средой

При оценке функционального значения почвенных беспозвоночных стоит учитывать, что их связи с почвенной средой различны, по этому принципу они делятся на три основные группы:

1) геобионты – животные, весь жизненный цикл которых проходит в почве (черви, стафилиниды и др.);

2) геофилы – беспозвоночные, которые облигатно связаны с почвой и проходят в ней некоторые стадии развития (крылатые насекомые);

3) геоксены – беспозвоночные и кратковременно находящиеся в почве, они не играют активной роли в почвенных процессах, но представляют резерв для питания почвенных хищников.

Геофилы, активные стадии онтогенеза (питание и расселение) которых проходят в почве, активно включаются в динамику почвенных процессов. Тогда они, как и геобионты, участвуют в деструкции растительных остатков и формировании почвенного профиля. Последнее относится в основном к насекомым, ювенильная стадия развития (яйцо-личинка-куколка) которых проходит в почве. Многие насекомые, развивающиеся в почве, строят в почве систему полостей и камер для откладки яиц и выведения личинок. Расселяясь, личинки проделывают систему ходов в почве в поисках пищи.

Беспозвоночные, постоянно обитающие в почве, формируют трофическую сеть с преобладанием детритных цепей. Отдельные группы беспозвоночных включаются в пищевые цепи на разных трофических уровнях, реализуя массэнергообмен между различными компонентами почвенной биоты (корни-микрофлора-животные), между растением и почвой, между органическими остатками и минеральной частью почвы (Добровольский Г.В. и др, 2003).

Пространственная структура

Приуроченность отдельных форм к определённым почвенным горизонтам довольно четко выражена в структуре макропедофауны. Прежде всего, в комплексе педобионтов выделяется блок подстилочных форм, который наиболее разнообразен в лесных почвах, так

как подстилка в них сохраняется в течение всего вегетационного сезона. При этом основная масса животных концентрируется в ферментативном слое подстилки, ввиду того, что в нем поддерживается достаточная влажность в течение всего лета, соответственно, животные могут найти благоприятные гидротермические условия и доступные пищевые ресурсы. Они могут опускаться в более глубокие слои, мигрируя между подстилкой и гумусовым горизонтом, но это происходит лишь при неблагоприятных условиях для перенесения диапаузы. Например, диплоподы опускаются в минеральные горизонты почвы для зимней или летней диапаузы, опустошают свой кишечник и переходят в анабиотическое состояние, при этом их активная деятельность ограничена лишь подстилочным слоем. Основная масса организмов концентрируется в корнеобитаемом горизонте, при чем большинство нехищных форм связано либо с живыми корнями, либо с микрофлорой, разрушающей остатки корней.

Другая группа форм обитает в глубоких норах и совершает регулярные вертикальные миграции по своим постоянно поддерживаемым ходам, например, норные дождевые черви (*Lumbricus terrestris*), и пустынные мокрицы *Hemilepistus*. В ходах на большой глубине они находятся в условиях относительно выровненного гидротермического режима, но они потребляют наземный опад, поэтому их питание связано с поверхностью почвы.

Таким образом, по характеру вертикального распределения почвенных беспозвоночных можно делать выводы о степени заселенности разных горизонтов почвенного профиля, а также об их связях с фитомассой (наземный опад, корни). Различия в характере горизонтального распределения отдельных групп и видов животных могут наблюдаться даже в пределах одного генетического горизонта. Это определяется различиями их экологических преферендумов и пространственными вариациями почвенных параметров. В подстилке и гумусовом горизонте имеют место резкие суточные и сезонные перепады температуры, которые сглаживаются и ослабевают с глубиной, а это в свою очередь приводит к тому, что на поверхности почвы более резко выражены различия точечного разнообразия многовидовых локальных сообществ.

Трофическая структура

В составе почвенного населения принято выделять четыре основные трофические группы – сапрофаги, фитофаги, зоофаги и миксофаги. В почве формируются трофические цепи как пастбищные (основанные на использовании продукции живых корней), так и детритные цепи (основанные на использовании растительных остатков). Основной поток

энергии в почвах с высокой продуктивностью направлен по детритным пищевым цепям, так как в них организмы используют энергию, связанную в растительных остатках и обеспечивают быстрое разложение и минерализацию, таким образом определяя быстрые темпы биологического круговорота, высвобождение элементов питания.

Сапрофаги представляют собой неоднородную группу, включающую формы различные по своей пищевой специализации и связанные с разными компонентами почвенной мортмассы. Сапрофаги на протяжении длительного времени рассматривались как неспециализированные формы, потребляющие органические остатки разного происхождения и усваивающие преимущественно микрофлору, которая развивается в этих остатках. Но при проведении исследования пищевого преферендума отдельных видов выявили наличие определенной специализации в отношении вида растительных остатков и стадии их предварительного разрушения. Основываясь на этих данных, была разработана схема трофической структуры сапроблока почвенных животных, в ней предлагается выделение следующих группировок:

- первичные разрушители растительных остатков (разрушают листовую и травянистый опад остатки древесины в верхнем слое подстилки, формируют копрогенную массу, опускающуюся в нижний слой подстилки и гумусовый горизонт);

- вторичные разрушители (обитают в ферментативном слое подстилки или ризосфере растений, то есть там, где концентрация разлагающегося органического материала высока, потребляют уже размельченные первичными разрушителями частицы)

- детритофаги (потребители органического аморфного детрита, диспергированного в минеральной массе почвы);

- микробофаги (потребители бактериальных пленок, микромицетов, почвенных водорослей).

Таким образом, включение животных почвенного сапроблока в детритные пищевые цепи происходит на разных трофических уровнях. При этом и на базовом уровне почвенной мортмассы наблюдается жесткая дифференциация трофических группировок, сменяющих друг друга в сукцессионном ряду на разных стадиях механической и химической деструкции органического материала (рис.1). Этим определяется высокая напряженность процессов зоотической деструкции растительного материала, а также полнота использования аккумулированной в нем энергии (Г.В. Добровольский и др., 2003).

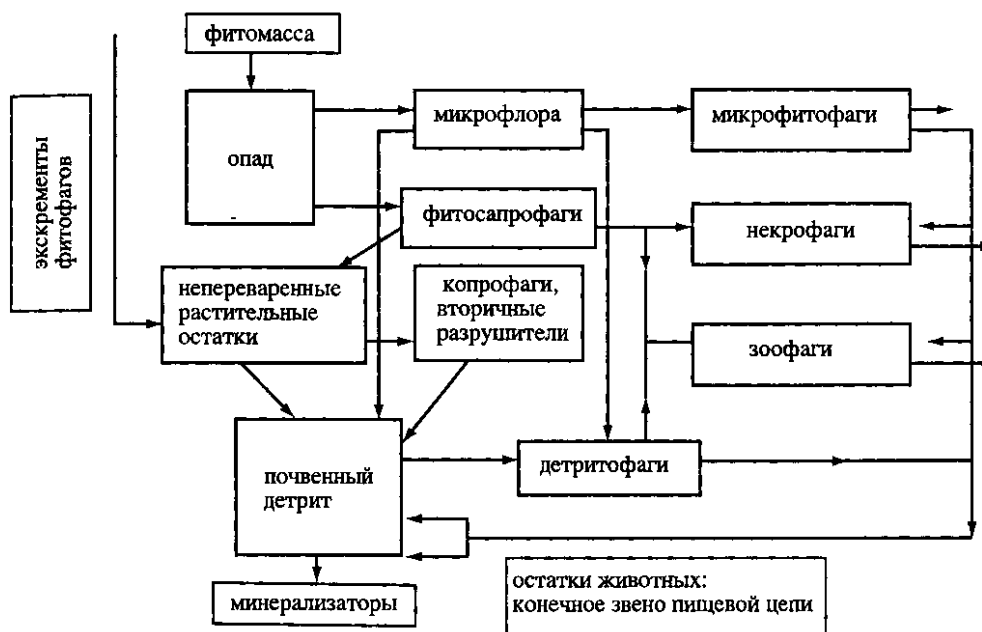


Рисунок 1. Схема детритной пищевой цепи в почве (Стриганова Б.Р., 1980)

Сложность пространственной и трофической структуры животного населения приводит к разделению ресурсов и высокой эффективности животных в потоке энергии по трофическим цепям (Стриганова Б.Р., 1980).

1.3. Влияние почвенных условий на численность и распределение макропедофауны

Крупные представители почвенной фауны в большей степени зависимы от совокупности свойств почвы как единого специфического природного тела, чем обитатели микроскопических резервуаров почвы (микроорганизмы, простейшие, коловратки и т. д.) или обитатели ходов и полостей (клещи, ногохвостки и др.). По этой причине связь этой размерной группы животных с почвенными параметрами (влажность, кислотность, содержание органического вещества и др.) будет прослеживаться наиболее четко.

Для крупных почвенных сапрофагов отмечается общая тенденция к увеличению их численности в общем комплексе макропедофауны по мере повышения содержания гумуса в почве определённого типа.

Мощность гумусового аккумулятивного горизонта напрямую зависит от общих экологических особенностей почвенного населения. Почвенные беспозвоночные вовлекают растительный опад в почву. Но стоит отметить, что полезная деятельность макрофауны заключается не только в вовлечении в глубь почвы растительных остатков.

Кроме того, процессы, протекающие в кишечниках беспозвоночных, создают благоприятные условия для гумификации. Так, наиболее гумусированные слои почвы наиболее богаты корнями растений, а также беспозвоночными. В гумусово-аккумулятивный горизонте сосредоточена основная масса корней, в нём же наиболее обильны и животные, в нем происходит вовлечение растительных остатков, их разложение и гумификация – процессы, в которых животные играют важную роль (Гиляров М.С., 1965).

Численность и распределение комплекса макропедофауны прямо или косвенно зависит от рН почвы. Этот фактор в почве имеет подчинённое значение, так как даже в пределах незначительного объёма почвы могут быть существенные вариации значений рН. Так как рН почвы обратно пропорционален содержанию в ней кальция, то её связь с обитателями почвы чаще всего прослеживается на калькофильных организмах. Например, дождевые черви – это очень чувствительные к значениям кислотности организмы и поэтому их распространение в значительной степени зависит именно от значений рН.

Несмотря на то, что существует зависимость между численностью дождевых червей и почвенной кислотностью, даже в самых кислых почвах они могут присутствовать. Выделяется 3 группы дождевых червей в зависимости от их толерантности к кислотности почвы. К кислотолюбивым видам можно причислить *Dendrobaena eiseni*, *D. octaedra*, которые встречаются в почвах с рН между 3,5 и 5,0. К нетолерантным к кислотности почвы принадлежат виды рода *Allolobophora* (в почвах с рН 4,5 и выше не появляются). Виды родов *Octolasion* и *Lumbricus* относят к убиквистам, так как у них такой связи не выявлено.

Дифференцированное отношение к этому показателю прослеживается не только у дождевых червей, но и среди насекомых, развивающихся в почве. В частности, такие виды проволочников как *Agriotes lineatus* и *A. obscurus* характеризуются большей численностью в местах с кислой реакцией (рН = 4-5,2), а щелкуны *Limonius aeruginosus* - в слабощелочных почвах.

Однако, стоит отметить, что корреляции между величиной водородного показателя и составом почвенного населения недостаточно прочные, чтобы всегда быть надёжными. В природных условиях рН почвы тесно связана с другими её свойствами, поэтому, рассматривая связи населения почвы с её кислотностью, стоит брать в расчет и другие абиотические характеристики.

Не менее важным почвенным параметром, влияющим на почвообитающих беспозвоночных, является влажность. В зависимости от степени увлажнения и характера почвенной влаги в почве может создаваться вся гамма условий от дефицита влажности на

поверхности почвы, до режима близкого к режиму, характерному для водоёмов. Скопления влаги в небольшом количестве на известной глубине могут быть даже в самых аридных местностях, а относительная влажность воздуха в почве даже в верхних горизонтах в большинстве случаев составляет около 100% (Гиляров М.С., 1985).

Из этого следует, что в почве одновременно могут существовать виды, предъявляющие различные требования к условиям влажности. Но, например, для дождевых червей все не так однозначно, повышенная влажность почвы может как стимулировать их репродукцию, так и быть причиной их смертности, особенно при недостатке пищи.

Таким образом, численность и распределение почвенного населения определяются многими факторами среды. Формирование того или иного комплекса почвообитающей макрофауны определяется экологическими условиями, сочетанием основных факторов (температура, влажность, кислотность и др.) (Гонгальский К. Б., 2004).

2. Природные условия исследуемого района

Лисинский лесхоз расположен в 60 км южнее г. Санкт-Петербурга на территории Тосненского района Ленинградской области и занимает площадь около 28 тыс. га (Егоров А.А., Титов Ю.В., 1997).

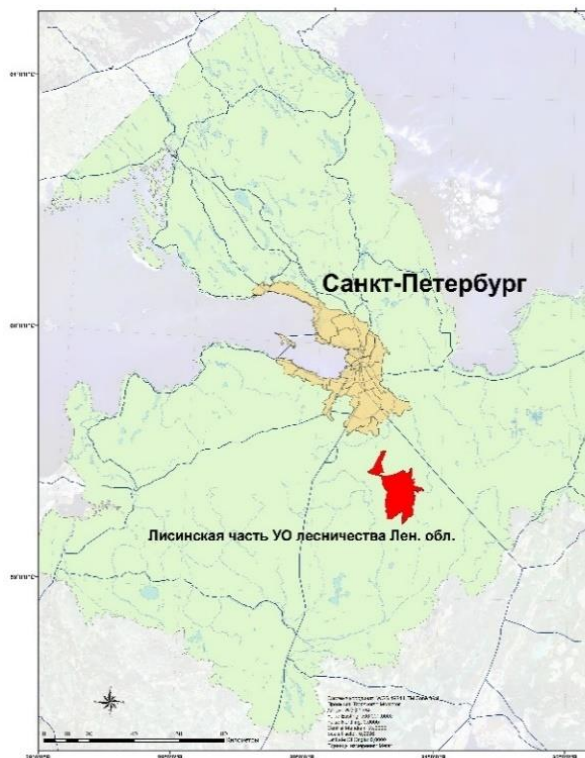


Рисунок 2. Местоположение Лисинского учебно-опытного лесничества (Апарин Б.Ф. и др, 2022)

Наши исследования проводились на полигоне «Гришкино» расположенного в границах квартала 127.

2.1. Климат

Для территории характерен умеренно холодный климат, переходный от морского к континентальному. Зима продолжительная, но мягкая, а лето короткое и прохладное. Такой климат формируется за счет воздействия холодных воздушных масс, поступающих из Арктики, и более теплых – из Атлантики. Стоит отметить, что на формирование климата в значительной степени оказывает влияние близость Балтийского моря и Ладожского озера. По этой причине общий температурный режим района несколько сглажен: в зимние месяцы морозы часто могут сменять оттепели, а в летний период нередко похолодания, сопровождаемые осадками.

Среднегодовая температура +3,6°C. Для самых холодных месяцев (январь, февраль) средняя температура составляет -8,8°C, в свою очередь для самого теплого (июль) +17°C. Ввиду особенностей рельефа местности (плоская пониженная равнина) зимой при вторжении арктических воздушных масс наблюдаются сильные похолодания, а весной и осенью не редки заморозки. Продолжительность безморозного периода 120-125 дней. Абсолютный минимум температуры -40°C, абсолютный максимум +34°C.

Для данной территории характерно преобладание ветров западных направлений со средней скоростью 2,4-3,3 м/с. Зачастую сильные ветры со скоростью до 30 км/ч вызывают ветровалы и буреломы (Селиховкин А.В. и др., 2009).

Период вегетации в среднем имеет продолжительность 150-160 дней, суммарная солнечная радиация составляет 70-80 ккал/см², сумма активных температур (выше 10°C) больше 1400 градусо-градусов (Егоров А.А., Титов Ю.В., 1997).

Несмотря на отрицательные явления, такие как заморозки, сильные ветры и избыточное увлажнение, которые могут влиять на устойчивость древостоев, климатические показатели являются благоприятными для произрастания древесной растительности (Селиховкин А.В. и др., 2009).

2.2. Рельеф

Территория Лисино расположена на обширной Ладожско-Ильменской низменности и в геоморфологическом отношении представляет собой дно озерно-ледникового бассейна. Рельеф территории лесхоза представляет собой плоскую слегка волнистую равнину, слабо наклоненную к востоку и юго-востоку в сторону реки Тосно. Абсолютные высоты в пределах лесхоза колеблются от 35 до 70 м над уровнем моря. Положительными формами рельефа являются немногочисленные озы, расположенные на юге, северо-западе и северо-востоке лесхоза, и небольшие плоские холмики, сложенные ледниковыми наносами, разбросанные по всей площади лесхоза; относительная высота их – до 2,5 м и поперечник – 100-200 м (Тимофеев А.И., Савицкая С.Н., 2009).

2.3. Почвообразующие породы

Основными почвообразующими породами территории лесхоза являются ленточные глины и валунные суглинки (мощностью 2-3 метра), занимающие 75% площади (Апарин Б.Ф. и др., 2016). Почвы Лисино формируются также на ряде других отложений: двучленных наносах, песках и супесях озов и камов, супесчаном и суглинистом аллювии, а также торфах верховых и переходных болот. На данной территории протекали различные

геологические процессы, связанные с ледниковым и послеледниковым периодами, их наложение друг на друга привело к тому, что в пределах небольших площадей может наблюдаться довольно сильная пестрота почвообразующих пород. Состав этих почвообразующих пород очень и разнообразный. Эти почвообразующие породы имеют кислую реакцию среды: $pH_{КС1}$ в песках 4,1-4,5, в ленточных глинах 5,0-5,5, в моренных суглинках 5,5-6,2 (Тимофеев А.И., Савицкая С.Н., 2009). Коренными породами, на которых залегают четвертичные отложения являются девонские песчаники и мергеля (Селиховкин А.В. и др., 2009).

Почвы полигона «Гришкино» формируются на ленточных глинах. Данные породы обладают рядом специфических особенностей, которые определяют состав и свойства, формирующихся на них почв, влияют на характер основных почвообразующих процессов (Матинян Н.Н., 2015). Так, ленточные глины плотны по сложению, бесструктурны, маловодопроницаемы и склонны к оглеению (Гагарина Э.И., 2004). Они довольно богаты элементами питания, что обусловлено высоким содержанием двух- и одновалентных оснований, а также полуторных оксидов железа и алюминия (Тимофеев А.И., Савицкая С.Н., 2009).

2.4. Гидрографическая сеть

Лисинский учебно-опытного лесхоз простирается на равнинной территории между реками Невой и Лугой, полностью принадлежа системе первой (Роде А.А., 1930). Гидрографическая сеть развита слабо (Егоров А.А., Титов Ю.В., 1997). Наиболее крупной водной артерией является р. Лустовка, свое начало она берет в Кауштинском болоте. Лустовка пересекает лесхоз с северо-запада на юго-восток и впадает в р. Тосну, протекающую за пределами Лисино, вдоль его юго-восточной границы. Длина р. Лустовки 33 км, средний уклон 0,94 м/км, она имеет два притока – Лагузу и Сердце, которые вместе с ней образуют бассейн с площадью водосбора 21 тыс. га, занимающий основную часть района (Селиховкин А.В. и др., 2009).

2.5. Растительный покров

Лисинский лесхоз находится в полосе южной тайги на границе Лужского и Волховского округов Северо-Европейской таежной провинции. Флора этих районов сходна, она характеризуется господством еловых зеленомошных и производных от них мелколиственных лесов, а также распространением сосновых заболоченных лесов. Различия между районами заключаются в увеличении с запада на восток равнинности и

заболоченности территории и в усилении позиции в растительном покрове восточно-европейских элементов флоры. Геоморфологические особенности и растительный покров территории лесхоза позволяют отнести ее к Волховскому району, больше чем к Лужскому.

Основная часть территории Лисинского лесного массива (80%) представлена тремя группами типов леса (долгомошной, сфагнувой и зеленомошной) и верховыми сфагновыми болотами.

Основными древесными породами долгомошных, хвощево-сфагновых и близких к ним чернично-сфагновых лесов являются ель, сосна и береза, реже осина. Преобладающие кустарнички – черника и брусника (*Vaccinium myrtillus* и *V. vitis-idaea*). Среди трав часто встречается осока шаропадная (*Carex globularis*) и виды таежного мелкотравья - майник двулистный (*Majanthemum bifolium*), седмичник европейский (*Trientalis europaea*), костяника каменистая (*Rubus saxatilis*), ожика волосистая (*Luzula pilosa*), кислица обыкновенная (*Oxalis acetosella*), иногда папоротники — кочедыжник женский (*Athyrium felix-femina*), щитовник расширенный (*Dryopteris expansa*), щитовник картузианский (*Dryopteris carthusiana*). В моховом покрове зачастую доминирует *Sphagnum girgensolmii*.

В древостое кустарничково-сфагновых, пушицево-сфагновых и багульниковых лесов основным представителем является сосна. Типичные виды травяно-кустарничкового яруса – это морошка (*Rubus chamaemorus*), пушица влагалищная (*Eriophorum vaginatum*) или кустарнички: багульник (*Ledum palustre*), вереск (*Calluna vulgaris*), болотный мирт (*Chamaedaphne calyculata*), подбел (*Andromeda polifolia*), водяника (*Empetrum nigrum*), голубика, черника и брусника (*Vaccinium uliginosum*, *V. Myrtillus* и *V. vitis-idaea*). В мохово-лишайниковом ярусе обычно преобладают сфагновые мхи (*Sphagnum angustifolium* и *S. fuscum*, *S. magellanicum*).

Болотно-травные сообщества в древесном ярусе характеризуются следующими видами: елью, сосной, березой (*Betula pubescens*), черной ольхой (*Alnus glutinosa*) или их сочетанием, иногда с примесью ивы козьей (*Salix caprea*) и серой ольхи (*Alnus incana*). Типичными для подлеска этих сообществ являются ивы (*Salix spp.*) и крушина (*Frangula alnus*). Видовой состав трав и папоротников, входящих в травяно-кустарничковый ярус различен и зависит от влажности и богатства почвы, а также от сомкнутости древостоя. Нередко в травостое преобладает таволга (*Filipendula ulmaria*) и различные виды папоротников — кочедыжник женский (*Athyrium felix-femina*), щитовник расширенный (*Dryopteris expansa*), щитовник игольчатый (*Dryopteris carthusiana*), страусник обыкновенный (*Matteuccia struthiopteris*). Мохово-лишайниковый ярус зачастую разрежен

и представлен в основном гипновыми мхами (*Calliergon spp.*, *Calliergonella cuspidata*, *Warnstorfia spp.* и *Plagiomnium spp.*).

Другая часть лесных сообществ на влажных почвах представлена зеленомошными и травяно-дубравными группами типов леса. Сообщества зеленомошной группы типов леса занимают наибольшую площадь (около 59% площади лесхоза).

В древостое зеленомошных сообществ преобладают сочетания ели, сосны, березы (*Betula pendula*, *Betula pubescens*), возможно участие дуба и клена. В древостое и подлеске может встречается ива козья (*Salix caprea*) и рябина (*Sorbus aucuparia*). Травяно-кустарничковый ярус этих сообществ – это, в основном, кустарнички — брусника и черника (*Vaccinium vitis-idaea* и *V. myrtillus*) и таежное мелкотравье, включая кислицу (*Oxalis acetosella*), майник (*Majanthemum bifolium*), голокучник Линнея (*Gymnocarpium dryopteris*). Состав яруса может различаться в зависимости от влажности и богатства почвы, а также давности последнего пожара.

Черничники среди зеленомошных лесов широко распространены на средних по увлажнению почвах. Характерно участие видов таежного мелкотравья — кислицы (*Oxalis acetosella*), линнеи северной (*Linnaea borealis*), седмичника (*Trientalis europaea*), майника двулистного (*Majanthemum bifolium*), костяники (*Rubus saxatilis*), золотарника (*Solidago virgaurea*), ожики волосистой (*Luzula pilosa*), грушанок (*Pyrola spp.*, *Orthilia secunda*).

Кисличники распространены на относительно плодородных почвах, в них доминантом является кислица (*Oxalis acetosella*), но так же присутствуют и другие виды таежного мелкотравья характерные для богатых почв: перловник (*Melica nutans*), фиалка Ривиниуса (*Viola riviniana*), осока пальчатая (*Carex digitata*), грушанка круглолистная (*Pyrola rotundifolia*), вороний глаз (*Paris quadrifolia*), сныть (*Aegopodium podagraria*), вероника лекарственная и дубравная (*Veronica officinalis* и *V. chamaedrys*), бор развесистый (*Milium effusum*), щитовник мужской (*Dryopteris filix-mas*), ветреница дубравная (*Anemonoides nemorosa*), печеночница благородная (*Hepatica nobilis*), зеленчук (*Galeobdolon luteum*). Как правило, в зеленомошных лесах хорошо развит мохово-лишайниковый ярус, представленный зелеными мхами-мезофитами (кроме злаковых вариантов и лесов, пройденных низовыми пожарами). В большинстве случаев преобладают *Pleurozium schreberi* и *Dicranum spp.* На богатых почвах могут также доминировать *Hylocomium splendens*, *Rhytidiadelphus triquetrus*, встречаются *Brachythecium spp.*, *Plagiomnium spp.*, *Rhodobryum roseum* (Селиховкин А.В. и др., 2009).

Болота занимают небольшую территорию, (3,4%) они покрыты сосновыми и березовыми рединами. Типичным представителем таких фитоценозов является береза карликовая (*Betula nana*), по окраинам болот встречаются ивы – черничная, серая и двуцветная (*Salix myrtilloides*, *S. cinerea*, *S. philocifolia*), кустарнички – вереск обыкновенный (*Calluna vulgaris*), подбел многолистный (*Andromeda polifolia*), болотный мирт обыкновенный (*Chamaedaphne calyculata*), багульник болотный (*Ledum palustre*), клюква мелкоплодная и обыкновенная (*Oxycoccus microcarpus*, *O. palustris*), голубика и брусника (*Vaccinium uliginosum*, *V. Vitis-idaea*), травы – морощка (*Rubys chamaemorus*), пушица влагалищная (*Eriophorum vaginatum*) и др., а в мочажинах – шейхцерия болотная (*Sheuchzeria palustris*), очеретник белый (*Rhynchospora alba*) и осока топяная (*Carex limosa*). Моховой покров сплошной и представлен различными сфагновыми мхами (*Sphagnum angustifolium*, *Sph. Magellanicum*, *Sph. Fuscum* и др) (Егоров А.А., Титов Ю.В., 1997).

2.6. Почвообразовательные процессы

А. А. Роде под почвообразовательным процессом понимал совокупность явлений превращения и передвижения веществ и энергии, протекающих в почвенной толще, агентами которого являются живые организмы и продукты их жизнедеятельности, вода, кислород воздуха и углекислота (Кауричев И.С., 1989).

Почвообразовательный процесс на земной поверхности протекает под влиянием исключительно большого разнообразия факторов почвообразования и соответствующих им типов, подтипов, родов и видов почв. При этом в различных почвах одни и те же процессы, существенно однокачественные, но различающиеся в деталях своего проявления. Процессы общие для различных типов почвообразования получили название элементарных почвообразовательных процессов (ЭПП) (Розанов Б.Г., 2004).

Тосненский район имеет довольно разнообразный почвенный покров, широкое распространение имеют болотные почвы, занимая около 14% площади (Пестряков, В.К., 1973). Формирование болотных почв связано с протеканием двух основных процессов – торфообразования и оглеения, которые часто объединяют под одним термином – «болотный процесс» (Кауричев И.С., 1989).

Торфообразование происходит в природных условиях, способствующих накоплению слабо разложившегося грубого органического вещества (торфа). Факторами, лимитирующими процесс гумификации торфяных аккумуляций, являются длительное переувлажнение, недостаток тепла и ботанический состав торфообразующих растений.

Общим свойством всех торфяных аккумуляций является низкая, не превышающая 50 %, степень разложения органического материала, причем содержание органического вещества, определяемого как потеря при прокаливании, превышает 35 % от массы торфа.

В зависимости от условий увлажнения, климата и ботанического состава торфообразующих растений процесс аккумуляции торфа приводит к различным результатам.

В условиях холодного и умеренно холодного гумидного климата таежных и тундровых ландшафтов, испытывающих временное переувлажнение, формируются относительно маломощные (до 50 см) торфяные аккумуляции, состоящие из растительных остатков как гидрофильных, так и мезофильных растений. В зависимости от мощности торфяных аккумуляций и наличия регулярного переувлажнения, последние образуют подстильно-торфяной или торфяной горизонты минеральных почв. Первый из них имеет мощность до 10 см, состоит преимущественно из остатков гипновых (зеленых), реже политриховых мхов и кустарничков и не испытывает регулярного переувлажнения. Торфяной горизонт имеет мощность от 10 до 50 см, формируется в условиях регулярного переувлажнения и состоит преимущественно из остатков политриховых и сфагновых мхов.

Торфяные аккумуляции, в частности, могут иметь элювиально-метаморфические почвы и их глеевые аналоги, а также глееземы и др.

Аккумуляция торфа наиболее ярко проявляется в болотных ландшафтах тундры, таежно-лесной зоны и лесостепи, испытывающих насыщение водой в течение значительной части вегетационного периода.

Глеевый процесс заключается в мобилизации железа из ферросиликатов и пленок на поверхности минералов, переходе его в закисные формы, что проявляется в виде холодных сизых, зеленоватых или голубых тонов окраски минеральной массы. Процесс протекает при длительном периоде восстановительных условий и преимущественно кислой реакции. Он характерен для переувлажненных почв гумидных областей, и его результатом является формирование глеевого горизонта или оглеение всего минерального профиля. Последнее имеет место в глееземах и торфяных почвах. Глеевые горизонты характерны также и для других почв, испытывающих длительное грунтовое или поверхностное переувлажнение.

Подвижность закисных форм оксида железа при наличии возможности оттока влаги способствует их выносу из глеевых горизонтов и часто приводит к окислительно-восстановительной или редокс-альфе-гумусовой дифференциации профиля почв (или отдельных горизонтов) по оксиду железа.

Процессы структурного метаморфизма проявляются в педогенной переорганизации минеральной массы почвы, которая становится отличной от организации почвообразующей породы. Характер структурного метаморфизма может существенно различаться в зависимости от литолого-гранулометрических особенностей почвообразующей породы и внешних факторов почвообразования. Это может выражаться как в формировании педогенной структуры на фоне бесструктурной почвообразующей породы, так и в трансформации или разрушении текстуры исходной минеральной массы. При этом структурная переорганизация может сопровождаться признаками ожелезнения на месте. В любом случае рассматриваемый процесс приводит к формированию отличного от почвообразующей породы структурно-метаморфического горизонта (Классификация ..., 2004), который может иметь насыщенные бурые, красновато-бурые или коричневые тона за счет присутствия красящих соединений железа в почвенной массе. Этот процесс преимущественно протекает не в чистом виде, а в сочетании с аккумулятивными или элювиальными процессами (Розанов Б.Г., 2004).

Особый характер структурного метаморфизма наблюдается в элювиально-метаморфических почвах, формирующихся на озерных, в том числе ленточных глинах. В почвах на этих породах вертикальное дробление седиментационных слоев может приводить к формированию своеобразной кубической структуры. Иногда в почвах на этих породах процессы структурного метаморфизма могут ограничиваться разрушением породного сложения без образования отчетливой педогенной структуры. В обоих случаях не наблюдается существенных цветовых различий между структурно-метаморфическим горизонтом и почвообразующей породой (Симакова М.С., Топкопогова В.Д. и др., 2006).

3. Объекты и методы исследования

Объектом исследования являются 4 опорных почвенных разреза, заложенных на полигоне «Гришкино» (Ленинградской область, Тосненский район, пос. Лисино-корпус, Лисинское лесничество) сотрудниками Центрального музея почвоведения им. В.В. Докучаева и 3 участка почвенно-зоологического обследования (9 точек отбора фауны). Расположение почвенных разрезов и точек отбора фауны представлены на рис.3.

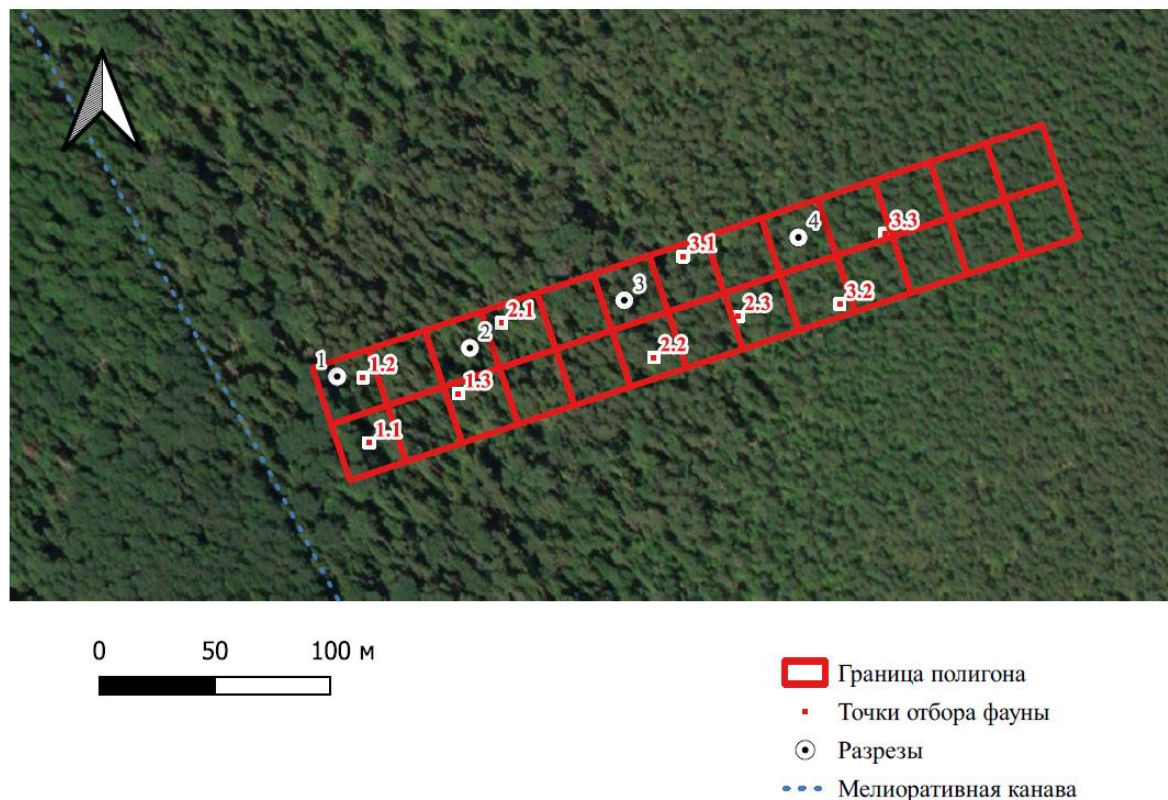


Рисунок 3. Схема расположения точек отбора фауны и почвенных разрезов на полигоне «Гришкино»

При изучении опорных почвенных разрезов использовались полевые описания разрезов и почвенные образцы, отобранные из разрезов 1-3. В ходе лабораторных исследований определялись физико-химические показатели почвенных образцов разрезов 1-3 (измерили рН водной и солевой суспензии, определили емкость катионного обмена вытеснением обменных катионов барием, а также сумму поглощенных оснований). Важной характеристикой почв является содержание органического вещества. Определение содержания органического углерода проводили методом мокрого сжигания хромовой смесью с последующим титрованием по Тюрину (Растворова О.Г. и др., 1995). Для верхних (серогумусовых) горизонтов разрезов 1-3 был определен гранулометрический состав

методом лазерной дифрактометрии на приборе Shimadzu SALD-2201 в трехкратной повторности.

Исследования макропедофауны полигона «Гришкино» были проведены в октябре 2021 г. на трех участках, различающихся степенью увлажнения и сопряженных с почвенными разрезами (участок 1 – разрез 1, участок 2 – разрезы 2 и 3, участок 3 – разрез 4 соответственно). На каждом из трех участков заложены по три пробных площади размером 5х5 м (всего 9 площадок), находящиеся на расстоянии друг от друга более 25 метров. Учет фауны проводился по общепринятой методике ручной разборки проб площадью 25х25 см (необходимая глубина не превышала 20 см) в 4-х кратной повторности (Бабенко А.С., 2010). Образцы взяты послойно (подстилка и нижележащий гумусово-аккумулятивный либо торфяной горизонт).

При лабораторном анализе образцов с пробных площадей была определена полевая влажность почвы и потери при прокаливании весовым методом, определен рН водной суспензии с помощью потенциометрии (Растворова О.Г., и др., 1995), определение содержания подвижного калия в почвенной вытяжке по Кирсанову проводили на пламенном фотометре Jenway PFP7 (Крайер К.Г., 2005), подвижный фосфор в вытяжке по Кирсанову определялся фотоколориметрически (Аринушкина Е.В., 1978).

4. Результаты и обсуждение

4.1. Морфологическое описание

Согласно Классификации 2004 г. почвы отнесли к дерново-элювиально-метаморфическим глееватым потечно-гумусовым среднесуглинистым на ленточных глинах (разрезы 1-3) и торфяно-глееземам потечно-гумусовым тяжелосуглинистым на ленточных глинах (разрез 4). Морфологическое описание представлено в табл. 1-4. Фото разреза 1 вынесено в приложении А.

Анализ морфологического строения почв показал, что по мере увеличения увлажнения в ряду дерново-элювиально-метаморфических почв (от разреза 1 к 3), можно проследить тенденцию к увеличению мощности подстилки и уменьшению гумусово-аккумулятивных горизонтов. В условиях максимального увлажнения (разрез 4) идет процесс торфообразования и формирования торфяного горизонта.

Стоит отметить, что характер подстилки зависит как от состава древостоя леса, так и от типа распада, определяемого тем комплексом организмов, которые его осуществляют, и от физико-химических свойств почвы, на которой произрастает лес. Деятельность педобионтов определяет глубину гумификации и минерализацию опада (макрофауна размельчает подстилку, чем увеличивают поверхность, доступную для деятельности микроорганизмов и окисления, проходя через кишечник беспозвоночных сложные органические соединения подвергаются не только действию собственных ферментов животного, но и интестинальной микрофлоры, превращаясь в легко минерализующиеся соединения и частично гумифицируясь). В случае если в разложении подстилки животные не принимают участия или их роль невелика происходит более медленное разложение растительного опада, а когда лес произрастает на болотных почвах в условиях избыточного увлажнения, препятствующего существованию и деятельности почвенных животных, то есть зоологический фактор практически исключен, происходит накопление грубого органического вещества (Гиляров М.С., 1970).

Во всех почвах, кроме разреза 4, присутствует элювиальный горизонт, который прокрашен потечным гумусом. Во всех профилях почв минеральная часть затронута процессами оглеения и метаморфизации разной степени выраженности, за исключением 4 разреза, где протекает только оглеение.

Таблица 1. Морфологическое описание разреза 1.

Горизонт	Описание
О (0-4(6,8) см)	бурая подстилка, рыхлая, слаборазложившиеся остатки растительности. Сверху целые листья березы, хвоя. Свежий, много древесных корней (диаметр 1-7 см), переход резкий, граница волнистая.
АУ (4(6, 8)-10 см)	Серый, свежий, комковатый и мелкокомковатый, рыхлый, среднесуглинистый, много мелких древесных корней, переход постепенный.
АУel (10-20(22) см)	Свежий, серый, чуть светлее предыдущего, комковатый и крупнокомковатый, среднесуглинистый, переход резкий, граница волнистая.
ЕL (20(22)-30 см)	Свежий, белесый, плотный, плитчато-слоистый с большим количеством железо-марганцевых конкреций, количество которых увеличивается с глубиной, редкие корешки и корневины, переход резкий, граница слабо волнистая.
ЕLg (30-50 см)	Влажный, охристо-сизый (сизые тона преобладают), плотный, крупно-плитчатый, среднесуглинистый, сизые затеки, идущие в горизонт ВМg, переход ясный, граница волнистая.
ВМg (50-70 см)	Влажный, буро-сизый (соотношение цветов 50/50), плотный, ореховато-призматический, средний суглинок, ближе к тяжелому, очень редкие и тонкие мелкие глинистые кутаны
Почва: дерново-элювиально-метаморфическая потечно-гумусовая среднесуглинистая на ленточных глинах	

Таблица 2. Морфологическое описание разреза 2.

Горизонт	Описание
О (0-4(9) см)	Подстилка, состоящая из мелких корешков, остатков растительности, палочек, шишек. Граница волнистая, переход резкий.
АУ (4(9)-19 см)	Мокрый, серый, слегка уплотненный, среднесуглинистый, мелкокомковатый и ореховато-комковатый, единичные мелкие корешки. Граница затечная, переход заметный.
ELhi (19-24(30) см)	Влажный, белесый с буро-серыми и мелкими ржавыми пятнами, слегка уплотнен, ореховато-плитчатый, среднесуглинистый, единичные мелкие корни. Граница затечная, переход заметный.
EL (24(30)-67(77) см)	Влажный, ржавый фон с сизовато-белесыми затеками и пятнами, с глубиной количество пятен уменьшается, плотнее предыдущего, среднесуглинистый, корни и ходы корней. Переход постепенный.
VMg (67(77)-111 см)	Влажный, бурый с мощными сизыми затеками, чуть плотнее предыдущего, тяжелосуглинистый, структура с призматическая, делящаяся на мелкие орешки, единичные гумусовые затеки по ходам корней. Переход постепенный.
BCg (111-136 см)	Сырой, темно-бурый с сизыми затеками, менее плотный, чем выше лежащий, ореховато-плитчатый, тяжелосуглинистый, гумусовые затеки по ходам корней, а также затеки сизого цвета по ходам корней. Переход постепенный
Cg (136-165 см)	Сырой, темно-бурый, но сизых затеков меньше, плотнее предыдущего, тяжелосуглинистый до глинистого, гумусовые затеки по ходам корней.
Почва: дерново-элювиально-метаморфическая потечно-гумусовая среднесуглинистая на ленточных глинах	

Таблица 3. Морфологическое описание разреза 3.

Горизонт	Описание
О (0-12 см)	Мокрая, темно-бурая, рыхлая подстилка, сверху плохо разложившиеся растительные остатки, а в нижней части – средне разложившиеся. Хвоя, листья, корни деревьев (диаметром 0,5-1,5 см), много очень мелких корней. Граница волнистая, переход резкий.
АУ (12-16 см)	Сырой, буровато-серый, рыхлый, мелкокомковатый, среднесуглинистый, много мелких корней, один крупный древесный корень (диаметр около 1,5 см). остатки растительности. Граница волнистая, переход резкий.
ELhi (16-33 см)	Сырой, буровато-серый, слегка уплотнен, ореховатый, среднесуглинистый, много мелких корней. Серовато-сизые затеки, идущие в нижележащий горизонт. Граница волнистая, переход резкий.
ELg (33-62 см)	Сырой до свежего, буро-охристый с сизыми затеками, уплотнен, среднесуглинистый, плитчатый, переход постепенный
BMg (62-92 см)	Свежий, бурый с сизыми затеками и пятнами, слегка уплотнен, призматический, ломающийся на ореховатые структуры, тяжелосуглинистый. Переход постепенный
BCg (92-120)	Свежий, бурый (цвет более насыщенный, чем в вышележащем горизонте), тяжелосуглинистый, уплотнен, ореховато-плитчатый
Почва: дерново-элювиально-метаморфическая потечно-гумусовая среднесуглинистая на ленточных глинах	

Таблица 4. Морфологическое описание разреза 4.

Горизонт	Описание
О (0-4 см)	Сырой, рыхлый, плохо разложившиеся остатки сфагнома и листвы. Граница волнистая, переход ясный.
Т (4-15 см)	Сырой до мокрого, бурый, хорошо разложившийся, много мелких и чуть побольше корней. Граница волнистая, переход резкий
Ghi (15-32 см)	Сырой до мокрого, серовато-сизый, слегка уплотнен, тяжелосуглинистый, тенденция к призматической структуре, угольки, корни среднего размера и один крупный (диаметр 10 см) на боковой стенке разреза и идет из горизонта Т, граница волнистая, переход ясный.
G (32-70см)	Влажный, сизый с охристыми и ржавыми пятнами, крупно-призматический, серо-сизые затеки из вышележащего горизонта, ржавые тона по ходам корней, встречаются оржавленные корни.
Почва: торфяно-глеезем потечно-гумусовый тяжелосуглинистый на ленточных глинах	

4.2. Физико-химические свойства исследуемых почв.

Анализ физических, химических и физико-химических почв – это одной из важнейших средств познания природы, генезиса и плодородия почв, поэтому ему на всех этапах развития почвоведения уделялось большое внимание (Воробьева Л.А., 2011). Результаты исследования физико-химических свойств исследуемых почв (разрез 1-3) представлены в табл. 5-7. Исследуемые параметры почвенных образцов с точек отбора фауны вынесены в приложение Б.

Таблица 5. Физико-химические свойства дерново-элювиально-метаморфической глееватой потечно-гумусовой среднесуглинистой почвы на ленточных глинах (разрез 1)

Горизонт	Глубина отбора	pH _{вод}	pH _{KCl}	C, %	Hг, мг-экв/100г	ЕКО, мг-экв/100 г	Ca ²⁺ +Mg ²⁺ , мг-экв/100 г
О	0-4 см	5,94	4,74	-	47,87	-	-
АУ	6-12 см	5,22	3,76	2,89	13,56	17,6	10,6
АУel	12-18 см	5,30	3,74	2,61	13,17	17,2	3,8
ЕL	23-29 см	5,63	3,89	0,46	9,63	17,2	5,0
ЕLg	35-45 см	5,67	3,74	0,39	5,25	21,6	15,0
ВМg	60-70 см	6,62	4,00	0,25	2,52	24,8	15,6

Таблица 6. Физико-химические свойства дерново-элювиально-метаморфической глееватой потечно-гумусовой среднесуглинистой почвы на ленточных глинах (разрез 2)

Горизонт	Глубина отбора	pH _{вод}	pH _{KCl}	C, %	Hг, мг-экв/100г	ЕКО, мг-экв/100 г	Ca ²⁺ +Mg ²⁺ , мг-экв/100 г
О	0-4 см	5,95	4,65	-	53,11	-	-
АУ	4-13 см	5,15	3,88	3,15	14,00	21,6	8,8
ЕLhi	15-20 см	4,5	3,92	2,37	10,06	25,6	2,2
ЕL	35-45 см	6,04	3,74	0,57	3,83	18,4	9,6
ВМg	75-85 см	6,42	4,05	0,36	2,30	24,4	18,4
ВМg	95-105 см	6,45	4,19	0,25	1,75	22,8	-
ВСg	116-126 см	6,57	4,22	-	-	-	-
Сg	155-165 см	5,95	4,13	-	-	-	-

Таблица 7. Физико-химические свойства дерново-элювиально-метаморфической глееватой потечно-гумусовой среднесуглинистой почвы на ленточных глинах (разрез 3)

Горизонт	Глубина отбора	pH _{вод.}	pH _{KCl}	C, %	Hг, мг-экв/100г	ЕКО., мг-экв/100 г	Ca ²⁺ +Mg ²⁺ , мг-экв/100 г
О	0-10 см	5,7	3,15	-	60,12	-	-
АУ	15-25 см	5,2	3,67	3,07	16,52	21,6	7,4
ЕLg	40-50 см	5,77	3,68	0,44	6,56	16,0	5,8
ВMg	80-90 см	6,38	4,02	0,34	1,75	22,8	16,2
BCg	110-118 см	6,45	4,08	0,27	2,63	18,0	19,8

Все почвы исследуемого ряда имеют кислую реакцию среды, при этом pH_{KCl} меньше водного, что соответствует данным типам почвообразования. Органогенные горизонты имеют наиболее низкие значения водородного показателя, так как в них идет образование кислых органических соединений.

Гидролитическая кислотность (Hг) достигает высоких значений в органогенных горизонтах и резко падает при переходе к минеральным.

Содержание органического углерода (C, %) в гумусово-аккумулятивном горизонте достаточно высокое для данного типа почв, оно резко снижается в элювиальном горизонте, а затем плавно снижается вниз по профилю; такой характер распределения обуславливается элювиальным процессом.

Сумма поглощенных оснований (Ca²⁺+Mg²⁺) имеет одинаковую тенденцию распределения во всех профилях: значения уменьшаются в элювиальном горизонте, а затем постепенно увеличиваются к почвообразующей породе, что соответствует как типу почвообразовательного процесса, так и составу самой породы (ленточных глин), где сумма поглощенных кальция и магния составляет 21,0 мг-экв на 100 г (Матинян Н.Н., 2015).

Важным физическим свойством почвы является гранулометрический состав. Механический (гранулометрический) состав – это относительное содержание в ней частиц различного размера, при этом механические элементы, представляют собой обособленную минеральную, органоминеральную или органическую частицу, все молекулы и атомы которой находятся в химической взаимосвязи, не разрушаемой при использовании общепринятых методов дезагрегации в ходе подготовки образца к анализу

(Качинский Н.А., 1958). Данные исследования гранулометрического состава представлены в табл. 8.

Таблица 8. Гранулометрический состав верхних горизонтов разрезов 1-3 на SALD-2201

Фракции	>0,25 мм	0,25-0,05 мм	0,05-0,01 мм	0,01-0,005 мм	0,005-0,001 мм	<0,001 мм
Образец	Содержание, %					
1	7,79	52,91	28,00	5,28	5,06	0,97
2	3,49	49,99	34,09	6,09	5,49	0,85
3	3,07	51,10	33,20	6,00	5,77	0,86

По данным анализа механического состава все анализируемые почвы (разрез 1-3) следовало бы отнести к супесчаным согласно классификации почв по гранулометрическому составу по Качинскому (Качинский Н.А., 1958). Приобщающими являются фракции мелкого песка и крупной пыли. Но обзор научной литературы, посвященной сравнительному анализу методов лазерной дифракции и пипет-метода, показал наличие существенных отличий в результатах оценки относительного содержания ила, поэтому прямая интерпретация данных в общепринятую классификацию является отчасти некорректной. Важно учесть, что данные, получаемые пипет-методом, имеют отличия от полученных с дифрактометра, поэтому для практического использования результатов метода лазерной дифрактометрии необходимо формирование базы данных гранулометрического состава почв различного генезиса и создание на ее основе самостоятельной классификации почв по механическому составу (Юдина А.В., 2018). Метод был выбран для анализа, так как он отличается высокой точностью и воспроизводимостью получаемых результатов (Болдырева В. Э., Безуглова О. С., 2019).

Названия почв даны без учета данных гранулометрического состава, полученных на SALD-2201. Основываясь на данных Копосова Г.Ф., почвы полигона отличаются однородным гранулометрическим составом, что сопоставимо с полученными данными, однако имеются значительные различия по содержанию илистой фракции, поэтому название разновидности почв дано на основе полевого морфологического исследования.

4.3. Растительный покров

Растительные сообщества полигона различны и закономерно сменяют друг друга в зависимости от условий увлажнения. (Копосов Г.Ф., Надеждин Б.Ф., 1967). В условиях наименьшего увлажнения (участок 1) фитоценоз представлен сосново-ельником

разнотравным, затем с увеличением увлажнения он сменяется на елово-сосняк чернично-сфагновый (участок 2), а в наиболее влажных условиях фитоценоз переходит к сосняку с березой сфагновому (участок 3). Фотографии фитоценозов участков 1-3 представлены в приложении Б.

Анализ напочвенного покрова (табл.9) позволяет сделать вывод о том, что по мере увеличения влажности возрастает проективное покрытие мохово-лишайникового покрова, в частности, сфагновые мхи абсолютно доминируют в напочвенном покрове в условиях наибольшего увлажнения. В травяно-кустарничковом ярусе существует не только тенденция к сокращению проективного покрытия при переходе к более влажным местообитаниям, но и к уменьшению видового разнообразия, от 17 видов сосудистых растений в наиболее сухих условиях до 7 видов в условиях заболачивания.

Таблица 9. Напочвенный покров участков 1-3

Проективное покрытие	Участок		
	1	2	3
Общее	90	90	95
Травяно-кустарничковый ярус	90	50	13
Мохово-лишайниковый покров	30	90	95
Опад	10	10	5
Виды травяно-кустарничкового яруса:			
Осока (<i>Carex sp.</i>)	10	2	
Осока ежисто-колючая (<i>Carex echinata</i>)			1
Фиалка собачья (<i>Viola canina</i>)		1	
Фиалка болотная (<i>Viola palustris</i>)	1	1	+
Брусника (<i>Vaccinium vitis-idaea</i>)	10	+	5
Вербейник обыкновенный (<i>Lysimachia vulgaris</i>)	2		
Вейник (<i>Calamagrostis sp.</i>)	1		1
Звездчатка дубравная (<i>Stellaria nemorum</i>)	5		
Земляника (<i>fragaria sp.</i>)	1		
Золотарник обыкновенный (<i>Solidago virgaurea</i>)	20	+	
Клюква (<i>Oxycoccus sp.</i>)	5	3	
Костяника каменистая (<i>Rubus saxatilis</i>)	30	10	

Продолжение таблицы 9

Проективное покрытие	Участок		
	1	2	3
Черника (<i>Vaccinium myrtillus</i>)	10	30	
Лютик кашубский (<i>Ranunculus cassubicus</i>)	2	2	
Лапчатка прямостоячая (<i>Potentilla erecta</i>)	+		
Пальчатокоренник (<i>Dactylorhiza sp</i>)	+		
Подмаренник душистый (<i>Galium odoratum</i>)	1		
Пушица влагалищная (<i>Eriophorum vaginatum</i>)			1
Сабельник болотный (<i>Comarum palustre</i>)			3
Седмичник европейский (<i>Trientalis europaea</i>)	1	1	
Хвощ лесной (<i>Equisetum sylvaticum</i>)	10	5	5
Малина обыкновенная (<i>Rubus idaeus</i>)		+	
Ожика волосистая (<i>Luzula pilosa</i>)			
Орляк обыкновенный (<i>Pteridium aquilinum</i>)		2	
Полевица тонкая (<i>Agrostis capillaris</i>)		+	
Виды мохово-лишайникового покрова:			
<i>Polytrichum commune</i>	+	6	1
<i>Sphagnum sp.</i>	1	60	94
<i>Rhytidiadelphus triquetrus</i>	4	15	
<i>Hylocomium splendens</i>	5	5	
<i>Dicranum scoparium</i>		+	
<i>Pleurozium schreberi</i>	20	5	

4.4. Макропедофауна исследованных участков

Таксономический состав и обилие почвенного населения исследованных участков формируют беспозвоночные животные из двух типов (кольчатые черви, членистоногие животные), 5 классов (поясковые черви, паукообразные, губоногие многоножки, двупарноногие многоножки, насекомые открыточелюстные). До уровня вида определены 33 представителя почвенной фауны (Приложение Г). Средняя плотность макропедофауны площадок составила 54 экз./м².

Всего было выявлено 2 вида дождевых червей (*Octolasion tyrtaeum* (фото в приложении Д), *Dendrobaena octaedra*), 6 видов двупарноногих многоножек (*Polyzonium germanicum* (фото в приложении Е), *Ommatoiulus sabulosus*, *Megaphyllum sjaelandicum* (фото в приложении Ж), *Polydesmus inconstans*, *Brachydesmus superus*, *Leptoiulus proximus*), 1 вид губоногих многоножек (*Lithobius curtipes*), 1 вид тараканов (*Ectobius sylvestris*), 2 вида двукрылых (*Rhagio sp.*, *Tipula peliostigma*), 1 вид муравьев (*Myrmica rubra*), 7 видов жужелиц (*Pterostichus diligens*, *Pterostichus oblongopunctatus*, *Pterostichus niger*, *Pterostichus anthracinus*, *Pterostichus vernalis vernalis*, *Pterostichus strenuus*, *Oxypselaphus obscurus*), 7 видов стафилинид (*Othius punctulatus*, *Atheta sp.*, *Olophrum assimile*, *Lathrobium brunnipes*, *Lathrobium longulum*, *Drusilla canaliculata*, *Ochtheophilum fracticorne*), 2 вида мягкотелок (*Cantharis figurata*, *Cantharis pellucida*), по одному виду шелкоунов (*Athous subfuscus*), пластинчатоусых жуков (Scarabaeidae), божьих коровок (*Anatis ocellata*) и грибоедов (*Typhaea stercorea*).

Ядро населения почвенной макрофауны представлено стабильно на всех участках такими доминирующими таксонами как паукообразные и насекомые. Среди насекомых наиболее богат видами отряд жесткокрылых.

Структура почвенной макрофауны и ее ярусное распределение.

Наибольшей плотностью и видовым разнообразием макропедофауны характеризуется участок 1 – 79 экз./м². Здесь обитает 21 представитель геобионтов. Структура макропедофауны участка показана на рисунке 4. Наибольшей численностью характеризуются представители классов паукообразных – 26,6 экз./м² и насекомых – 30,6 экз./м². На их долю приходится 33,7 % и 38,8% соответственно. Только здесь отмечены дождевые черви (*Octolasion tyrtaeum* (Savigny, 1826) и *Dendrobaena octaedra* (Savigny, 1826)) со средней численностью 12 экз./м², на их долю приходится 15% макрофауны почв. На этом участке не были отмечены представители губоногих многоножек, а из насекомых – шелкоуны и мягкотелки.

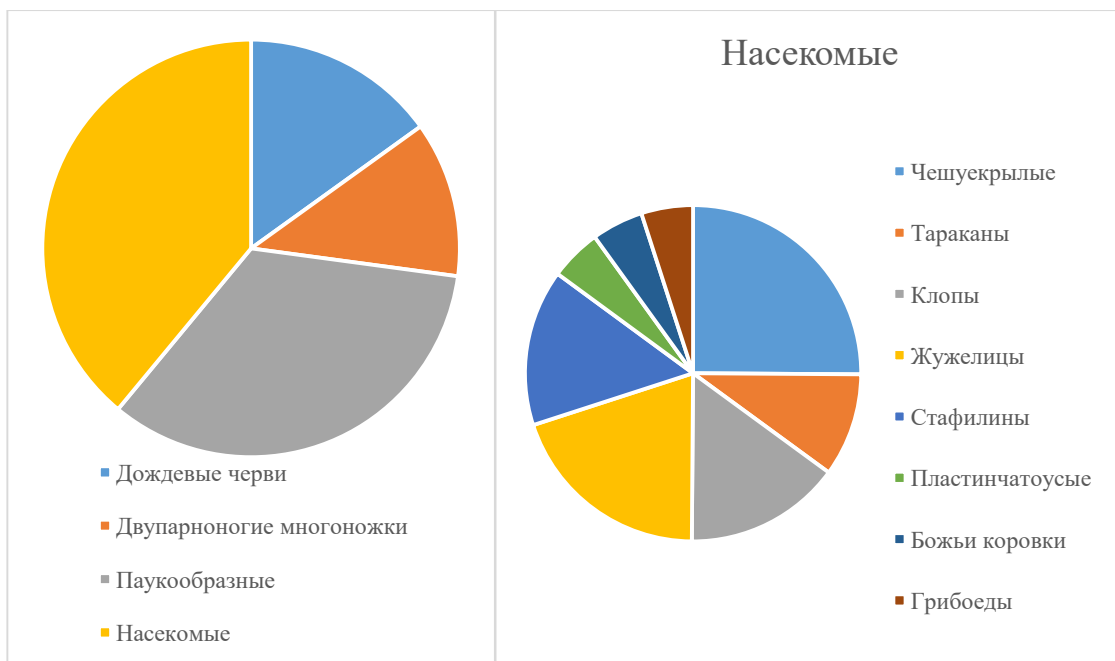


Рисунок 4. Состав и структура макропедофауны участка 1

Наименьшей численностью и видовым разнообразием беспозвоночных характеризуется участок 2 – 28 экз./м². Отмечено 15 представителей почвенной фауны. На долю пауков и насекомых приходится 33,2% и 42,8% соответственно (рис. 5). Многоножки представлены губоногими (4,7%) и двупарноногими (18,9%).

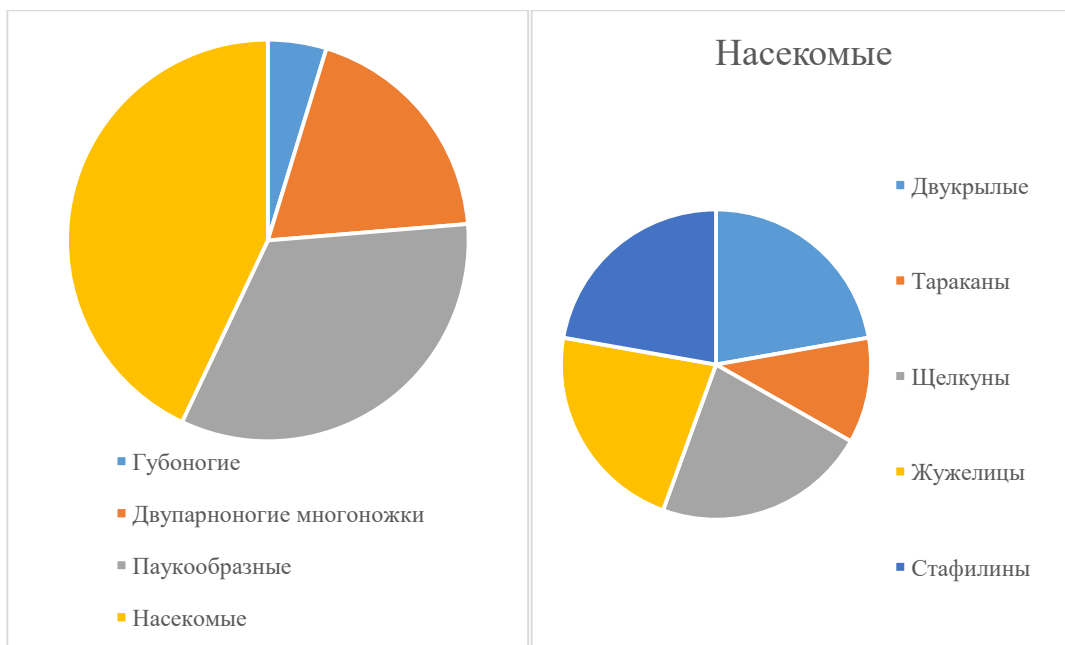


Рисунок 5. Состав и структура макропедофауны участка 2

Средняя плотность макропедофауны участка 3 составила 56 экз./м². Отмечено обитание 18 представителей почвенной макрофауны. Численность паукообразных составила 28 экз./м² (50%), а насекомых – 20 экз./м² (35,7%). На долю губоногих и двупарноногих многоножек приходится 4,8% и 9,5 % соответственно (рис 6).

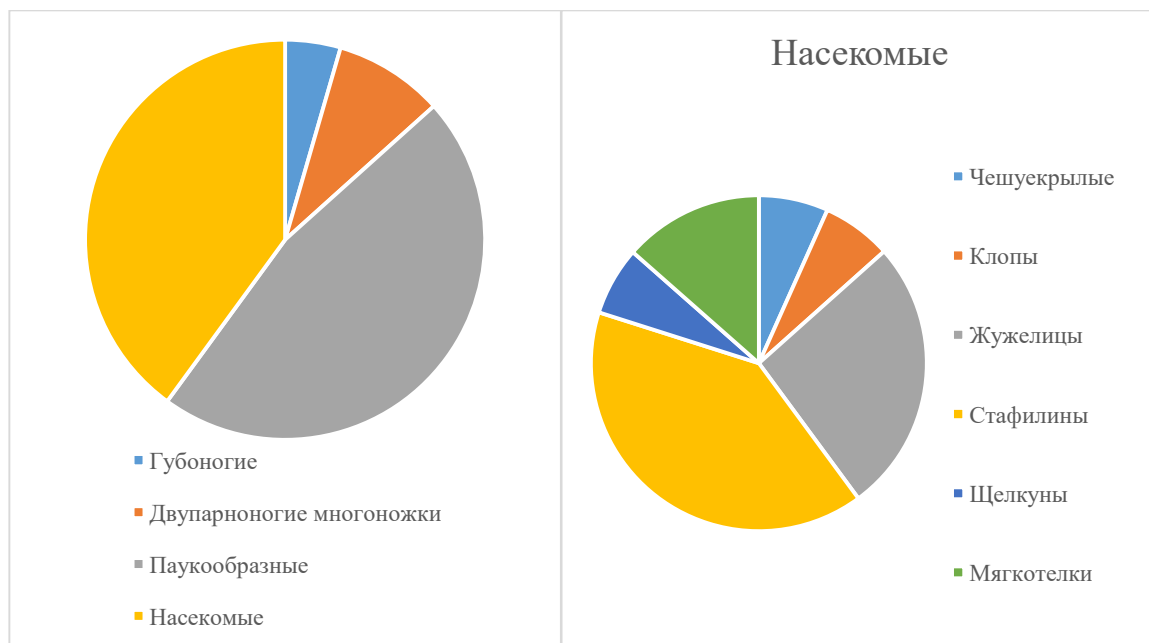


Рисунок 6. Состав и структура макропедофауны участка 3

Анализ ярусного распределения макропедофауны (рис. 7) показал, что на участке 1 в органо-минеральном слое почвы (не глубже 15 см) были обнаружены крупные почвенные беспозвоночные со средней численностью 24 экз./м², что составляет 31% от фауны макропедобионтов. Здесь были зарегистрированы дождевые черви, личинки мух и пластинчатоусых жуков. Средняя плотность геобионтов органо-минерального слоя участка 2 составила 2,6 экз./м² (9,6%), представлена личинками мух и диплоподами. На участке 3 геобионты сосредоточены исключительно в подстилке.

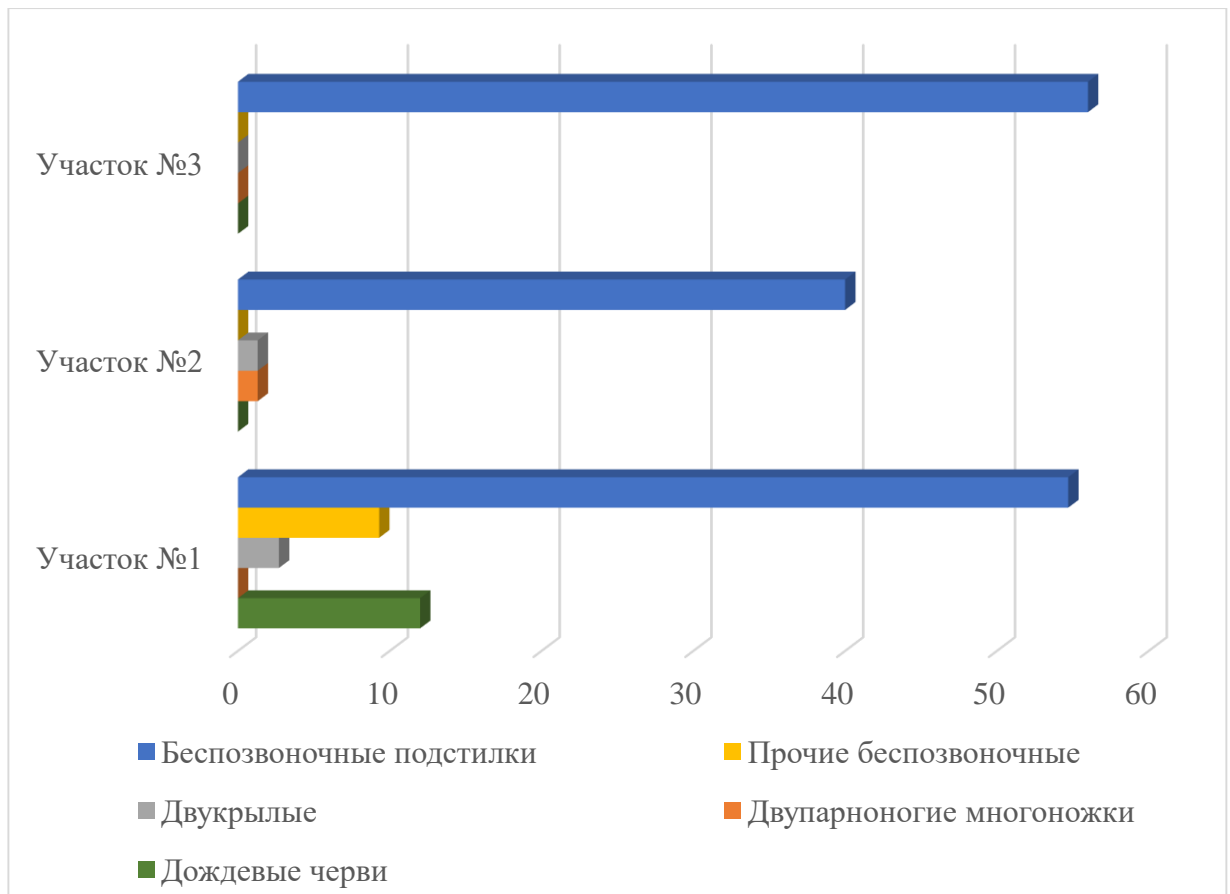


Рисунок 7. Распределение макропедофауны по органогенному и органо-минеральному слоям

Трофическая структура макропедофауны исследованных участков представлена сапрофагами (дождевые черви, двупарноногие многоножки, некоторые личинки двукрылых, тараканы), зоофагами (губоногие многоножки, паукообразные, жуличицы, стафилины, некоторые личинки двукрылых), фитофагами (личинки чешуекрылых, пластинчатоусых, мягкотелок) и полифаги (личинки шелкоунов) (рис. 8).

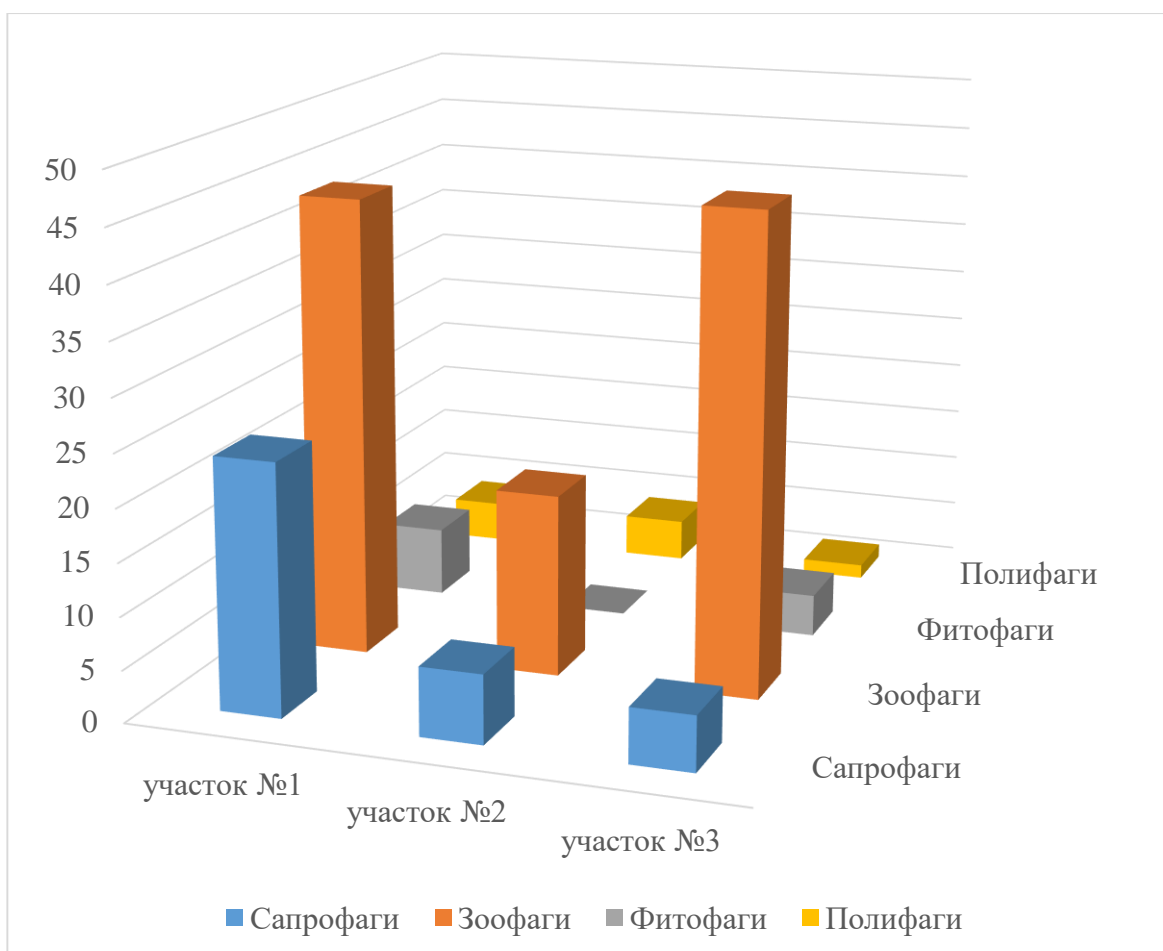


Рисунок 8. Трофическая структура макропедофауны участков 1-3

Наибольшая плотность сапрофагов отмечена на участке 1. Плотность зоофагов на участках 1 и 3 близка по значениям (43,8 экз./м² и 45,3 экз./м²), но на 3 участке она значительно превалирует над численностью остальных трофических групп беспозвоночных. На участке 2 отсутствуют представители фитофагов.

Низкую численность геобионтов на участке 2 мы связываем с очень сухим вегетационным периодом 2021 года, когда беспозвоночные подстилки были вынуждены уйти в более комфортные по влажности заболоченные участки леса.

Выводы

1. Почвы полигона «Гришкино» закономерно сменяют друг друга в градиенте увеличения увлажнения от дерново-элювиально-метаморфических глееватых потечно-гумусовым среднесуглинистых на ленточных глинах к торфяно-глееземам потечно-гумусовым тяжелосуглинистым на ленточных глинах. Все физико-химические свойства исследованных почвы соответствуют их классификационному положению и отражают процессы, в которых почва существует длительное историческое время, ее генезис.
2. При изучении почвенного населения до вида было определено 33 вида ее представителей. Средняя плотность макрофауны «Гришкино» 54 экз./м², при этом она меняется в градиенте увлажнения: для первого участка – 79 экз./м², для второго – 28 экз./м² и 56 экз./м² для третьего соответственно. Низкую численность на участке 2 мы связываем с очень сухим вегетационным периодом 2021 года.
3. Сравнительный анализ трофической структуры макрофауны почв показал, что с увеличением увлажнения снижается плотность сапрофагов в структуре сообществ, в то время как группа зоофагов демонстрирует обратную тенденцию.
4. Смена почвенно-растительного покрова в пределах полигона в свою очередь влияет на численность и структуру почвенного населения. Одна из важнейших групп почвенных беспозвоночных – дождевые черви, встречаются только в почвах в наиболее богатом в представленном ряду фитоценозе. Оптимальные условия увлажнения и разнообразный растительный опад приводит к тому, что на участке 1 сосредоточение макрофауны происходит не только в подстилке, но и в гумусовом горизонте.

Благодарности

Выражаю благодарность за чуткое руководство при написании работы д.с.-х.н., профессору кафедры почвоведения и экологии почв Апарину Б.Ф. и к.б.н., в.н.с. ЦМП им. В.В. Докучаева Пятиной Е.В., за содействие в отборе образцов для лабораторных исследований и получении данных о почвенном покрове полигона сотрудникам Центрального музея почвоведения им. В.В. Докучаева Мингареевой Е.В., Захаровой М.К., Касаткиной Г.А., за помощь в проведении анализов физико-химическими методами старшему преподавателю кафедры физической географии и ландшафтного планирования Рюмину А. Г и к.б.н. доценту кафедры агрохимии Якконену К. Л.

Список литературы

1. Menta C. Soil Fauna Diversity - Function, Soil Degradation, Biological Indices, Soil Restoration, Biodiversity Conservation and Utilization in a Diverse World, Dr. Gbolagade Akeem Lameed (Ed.), 2012, – С. 60-87.
2. Rode A.A. An Excursion to the Lisino Experimental forest of the Leningrad technical academy of forestry. Leningrad, 1930.
3. Апарин Б. Ф., Бабиков Б. В., Касаткина Г. А., Сухачева Е. Ю. Лисинское лесничество как уникальный полигон почвенно-экологического мониторинга // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева, 2016, №83. – С. 140-158.
4. Апарин Б.Ф., Бабиков Б.В., Касаткина Г.А. и др. Полигоны почвенно-экологического мониторинга лесных экосистем таежной зоны: учебное пособие для вузов – СПб.: Лань, 2022. – 140 с.
5. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд-во Моск. Ун-та, 1971. – 460 с.
6. Бабенко А.С., Булатова У.А., Нужных С.А. Методы учета почвенных беспозвоночных. Томск: Изд-во ТГУ, 2010. – 57 с.
7. Безкоровайная И. Н. Структурно-функциональная организация почвенных беспозвоночных нарушенных лесных экосистем; Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2014. – 100 с.
8. Болдырева В. Э. К вопросу об определении гранулометрического состава почв с использованием метода лазерной дифракции / В. Э. Болдырева, О. С. Безуглова, И. В. Морозов // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации, 2019, № 1(33), 2019. – С. 184-194.
9. Вомперский С.Э. Роль болот в круговороте углерода // Чтения памяти академика В.Н. Сукачева. XI Биогеоэценологические особенности болот и их рациональное использование. М.: Наука, 1994. – 37 с.
10. Воробьева Л. А., Ладонин Д. В., Лопухина О. В., Рудакова Т. А., Кирюшин А. В. Химический анализ почв. Вопросы и ответы. М. 2011. – 186 с.
11. Гагарина Э.И. Литологический фактор почвообразования (на примере Северо-Запада Русской равнины). — СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2004. – 260 с.
12. Гиляров М. С. Зоологический метод диагностики почв. М.: Наука, 1965. – 276 с.

13. Гиляров М. С. Почему так много видов и так много особей может существовать в почве // Почвенная фауна Северной Европы: сб. науч. ст. М.: Наука, 1982. – С. 7-11.
14. Гиляров М. С., Криволуцкий Д. А. Жизнь в почве. - М.: Мол. гвардия, 1985. – 191 с.
15. Гиляров М.С. Почвенные беспозвоночные разрушители подстилки и пути повышения их полезной деятельности // Экология, 1970, №2. – С. 8-21.
16. Гонгальский, К. Б. Почвенные беспозвоночные как биоиндикаторы промышленного воздействия в лесных экосистемах Центра Европейской России : автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 2004. – 20 с.
17. Добровольский Г.В., Бабьева И.П., Богатырев Л.Г. и др. Структурно-функциональная роль почв и почвенной биоты в биосфере / Отв. ред. Г.В. Добровольский. - М.: Наука, 2003. – 364 с.
18. Егоров А. А., Титов Ю. В. Флора Лисинского учебно-опытного лесхоза: Учебное пособие. СПб.: ЛТА, 1997. – 96 с.
19. Камаев И.О. Население почвенной мезофауны в экологических градиентах северной тайги Восточной Фенноскандии: автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 2012. – 26 с.
20. Камаев И.О., Рыбалов Л.Б. Зоодиагностика состояния лесных биогеоценозов // Методические подходы к экологической оценке лесного покрова бассейна малой реки. М.: КМК, 2010. – С. 131-139.
21. Кауричев И.С. Почвоведение. - М.: Агропромиздат, 1989. – 719 с.
22. Качинский Н.А. Механический и микроагрегатный состав почв и методы их изучения. М., 1958. – 192 с.
23. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. – 343 с.
24. Копосов Г.Ф., Надеждин Б.В. Физические свойства и некоторые особенности водного режима подзолисто-глеевых почв на ленточных глинах в Лисинском учебно-опытном лесхозе. Л., 1967. – 33 с.
25. Крайер К.Г., Банкина Т.А, Орлова Н.Е., Юрьева Г.М. Практикум по агрохимическому анализу почв: Учеб. пособие. — 3-е изд., перераб. и доп. — СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2005. – 88 с.
26. Матинян Н.Н. Ленточные глины озерно-ледниковых равнин Северо-Запада // Грунтоведение, 2015, №1(6). – С. 22-35.
27. Пестряков В.К. Почвы Ленинградской области. Л: Лениздат, 1973, 344 с.

28. Растворова О.Г., Андреева Д.П., Гагарина Э.И., Касаткина Г.А., Федорова Н.Н. Химический анализ почв: Учеб. Пособие. – Спб.: Изд-во С.-Петербургского ун-та, 1995. – 264 с.
29. Розанов Б.Г. Морфология почв: Учебник для высшей школы. М.: Академический Проспект, 2004. – 432 с.
30. Селиховкин А.В. Б. В. Бабикив и др. Лисино. 200 лет служения лесам России / отв. ред. А. В. Селиховкин. – СПб.:СПбГЛТА, 2009. – 222 с.
31. Симакова М.С., Топкопогова В.Д. Почвообразовательные процессы. - М.: Почвенный ин-ст В.В Докучаева, 2006. – 510 с.
32. Стриганова Б. Р. Питание почвенных сапрофагов. - М.: Наука, 1980. – 244 с.
33. Тимофеев, А. И., Савицкая С. Н. Почвообразующие породы Лисинского учебно-опытного лесхоза и их влияние на почвообразование // Актуальные проблемы лесного комплекса. – 2009, № 22. – С. 139-146.
34. Юдина А.В. Лазерная дифрактометрия в почвоведении: методические аспекты и диагностическое значение: автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 2018. – 24 с.

Приложения

Приложение А. Разрез 1.

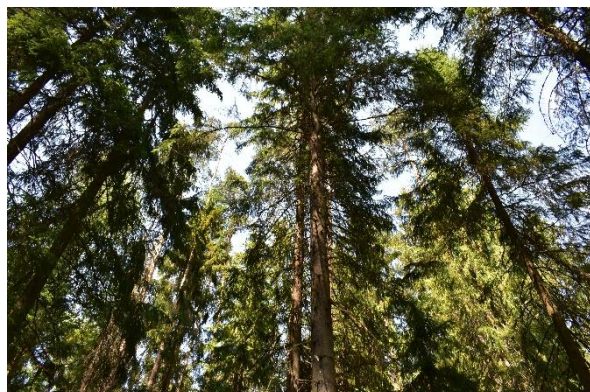


Приложение Б. Физико-химические параметры образцов почв в точках отбора фауны

Участок	Точка отбора	Название	W, %	pH_{вод.}	ППП, %	P, мг/кг	K, мг/кг
1	1.1	подстилка	124,02	4,88	66,29	602,56	1093,52
	1.1	AУ	56,08	4,78	11,84	20,87	179,16
	1.2	подстилка	132,54	4,54	73,47	273,74	1424,80
	1.2	AУ	37,32	4,75	9,53	64,50	119,24
	1.3	подстилка	96,15	4,40	65,52	433,95	1208,97
	1.3	AУ	46,87	4,99	12,78	98,87	120,65
2	2.1	подстилка	240,61	4,47	88,44	541,54	1087,90
	2.1	AУh	154,09	5,25	29,97	729,48	301,94
	2.2	подстилка	100,74	4,16	93,63	315,19	1072,43
	2.2	AУh	108,63	3,86	26,77	143,91	75,52
	2.3	оторфованная подстилка	220,24	3,69	89,83	319,53	1508,07
	2.3	AУ	41,75	4,42	10,27	35,84	75,82
3	3.1	подстилка	211,35	4,28	94,24	599,91	615,85
	3.1	торф	100,78	4,62	73,98	395,32	413,19
	3.2	оторфованная подстилка	185,53	3,98	91,44	714,77	586,15
	3.2	торф	130,92	4,50	79,96	342,73	442,81
	3.3	оторфованная подстилка	119,07	3,02	88,05	185,15	671,89
	3.3	торф	144,15	4,82	72,46	94,15	642,40

Приложение В. Фитоценозы участков 1-3

Приложение В1. Растительное сообщество участка 1.



Приложение В2. Растительное сообщество участка 2.



Приложение В3. Растительное сообщество участка 3



Приложение Г. Макропедофауна «Гришкино» (экз./пробу)

Вид или группа	1.1				1.2				1.3				2.1				2.2				2.3				3.1				3.2				3.3			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Дождевые черви (Lumbricidae)	3				3				3				0				0				0				0				0							
<i>Octolasion tytaeum</i> (Savigny, 1826)	1		1			1	1	1	1	1	1																									
<i>Dendrobaena octaedra</i> Savigny, 1826		1																																		
Губоногие (Chilopoda)	0				0				0				1				0				0				1											
<i>Lithobius curtipes</i> (C.L. Koch, 1847)																																				
Двупарноногие (Diplopoda)	2				5				0				3				1				0				1				3				0			
<i>Polyzonium germanicum</i> (Brandt, 1837)						1		1																		1				1						
<i>Ommatoiulus sabulosus</i> (Linnaeus, 1758)	2				1	1																														
<i>Megaphyllum sjaelandicum</i> (Meinert, 1868)															1																					
<i>Polydesmus inconstans</i> (Latzel, 1884)													1																							
<i>Brachydesmus superus</i> (Latzel, 1884)														1																						
<i>Leptoiulus proximus</i> (Němec, 1896)						1													1																1	
Паукообразные (Arachnida)	2	3	2	2	3	1	1	1	1	2	2						2	2	2	1					4	3	1	1	2	2	5			1	1	1
Двукрылые (Diptera)	0				2				0				1				1				0				0				0							
<i>Rhagio sp., 1</i>						1		1					1																							
<i>Tipula peliostigma</i> (Schummel, 1833), 1																			1																	
Перепончатокрылые (Hymenoptera)																																				
<i>Myrmica rubra</i> (Linnaeus, 1758), i																	+								+											
Таракан <i>Ectobius sylvestris</i> Poda, 1761, i																																				
Чешуекрылые (Lepidoptera): Noctuidae., 1.			1		1	2	1																				1									
Жесткокрылые (Coleoptera)					8																				13											
Carabidae					4																				4											
<i>Pterostichus diligens</i> (Sturm, 1824), i									1					1																				1		1
<i>Pterostichus oblongopunctatus</i> (Fabricius, 1787), i	1																																			
<i>Pterostichus niger</i> (Schaller, 1783), i																								1												
<i>Pterostichus anthracinus</i> (Illiger, 1798), i																									1											
<i>Pterostichus vernalis vernalis</i> (Panzer, 1796)																											1									
<i>Pterostichus strenuus</i> (Panz., 1797)					1																															
<i>Oxytelaphus obscurus</i> (Herbst, 1784), i			1																																	
Staphylinidae c-во					8												2								6											
<i>Othius punctulatus</i> (Goeze, 1777)						1																														
Atheta sp																									1											
<i>Olophrum assimile</i> (Paykull, 1800)					1																															
<i>Lathrobium brunnipes</i> (Fabricius, 1792), i	1																																		1	
<i>Lathrobium longulum</i> (Gravenhorst, 1802), i																		1																		1
<i>Drusilla canaliculata</i> (Fabricius, 1787), i																	1														1					
<i>Ochtheophilum fracticorne</i> (Paykull, 1800)																									1						1					
Elateridae c-во					0												2								1											
<i>Athous subfuscus</i> (Muller, 1767), 1																								1	1										1	
Scarabaeidae, 1			1																																	
Cantharidae c-во					0												0								2											
<i>Cantharis figurata</i> Mannerheim, 1843																											1									
<i>Cantharis pellucida</i> Fabricius, 1792, 1																																			1	
Coccinellidae c-во					1												0								0											
<i>Anatis ocellata</i> (Linnaeus, 1758), i							1																													
Мусцетопгаиде c-во					1												0								0											
<i>Typhaea stercorea</i> (Linnaeus, 1758)					1																															
Жук, имаго неопр							1																													
Клопы, сем-во Сydnidae, i					1		1		1																										1	
Насекомых всего																																				
Всего беспозвоночных	19				28				12				6				12				3				17				19				6			
На 1 м ²	76				112				48				24				48				12				68				76				24			
Среднее на 1 м ²					79												28								56											

Приложение Д. Дождевой червь *Octolasion tyrtaeum*



Приложение Е. Диплопода *Polyzonium germanicum*



Приложение Ж. Диплопода *Megarhyllum sjaelandicum*

