

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт фундаментальной биологии и биотехнологии

институт

Кафедра водных и наземных экосистем

кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой



М. И. Гладышев

подпись инициалы, фамилия

« 3 » июля 2020 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

06.03.01 Биология

код и наименование специальности

Влияние рекреационных нагрузок на подстилку и мезобионтов

тема работы

Научный
руководитель:



подпись, дата

доцент, к.б.н.
должность, ученая степень

В. К. Дмитриенко
инициалы, фамилия

Выпускник



подпись, дата

Н. В. Прилепина
инициалы, фамилия

Красноярск 2020

РЕФЕРАТ

Бакалаврская работа на тему: «Влияние рекреационных нагрузок на подстилку и мезобионтов» содержит 65 страниц и включает в себя 51 литературный источник, 11 таблиц, 3 рисунка и 2 приложения.

Ключевые слова: рекреация, педобионты, лесная подстилка.

Цель работы: оценить влияние рекреационной нагрузки на почвенно-подстилочный слой и обитающих в нем беспозвоночных животных.

Актуальность исследования обусловлена угрозой деградации лесных насаждений под действием рекреации и эффективностью использования почвенно-подстилочных беспозвоночных как индикатора почвенно-растительных условий.

В качестве объекта исследования в данной работе выступает почвенная мезофауна и лесная подстилка.

В результате проведенного исследования были рассмотрены изменения органогенного горизонта подстилок, установлено влияние удаленности от тропы, типа леса и тропы на запасы подстилок. Выявлены корреляционные зависимости между показателями подстилки и почвенными условиями, а также между данными факторами среды и численностью педобионтов. Охарактеризован комплекс почвенно-подстилочных беспозвоночных, проведен сравнительный анализ группировок педобионтов в рекреационных лесах.

Содержание

Введение.....	4
1 Обзор литературы.....	6
1.1 Воздействие рекреации на лесные экосистемы	6
1.1.1 Растительность в условиях рекреационных нагрузок	6
1.1.2 Изменение характеристик почвы и подстилки	10
1.1.3 Реакция беспозвоночных на рекреационные изменения	12
1.2 Характеристика почвенно-подстилочных беспозвоночных и среды их обитания	13
1.2.1 Почва и подстилка как среда обитания.....	13
1.2.2 Педобионты как фактор биологической устойчивости	15
2 Район исследования. Материалы и методы.....	19
2. 1 Район исследования	19
2. 2 Объект исследования	23
2. 3 Методы исследования.....	23
3 Результаты и их обсуждение.....	Ошибка! Закладка не определена.
3.1 Изменение подстилки в зависимости от степени рекреационного воздействия	Ошибка! Закладка не определена.
3. 2 Изменение комплекса почвенно-подстилочных беспозвоночных в зависимости от степени рекреационного воздействия	Ошибка! Закладка не определена.
Выводы	29
Список использованных источников:	32
ПРИЛОЖЕНИЕ А, Б.....	38

Введение

Рекреация – один из основных факторов, негативно влияющих на городские лесные экосистемы [22]. Даже при ограниченном числе рекреантов наблюдается постепенное прогрессирующее изменение различных компонентов лесных экосистем поэтому для предотвращения деградации сообществ необходима оценка их состояния.

Педобионты являются одной из самых распространенных групп животных и чутко реагируют на изменение средообразующих функций леса. Угроза деградации лесных насаждений и эффективность использования почвенно-подстилочных беспозвоночных как индикатора биологической устойчивости обуславливают актуальность изучения влияния рекреации на городские лесные экосистемы посредством исследования структуры населения педобионтов и характеристики их среды обитания. Кроме того почвенные животные тесно связаны с гидротермическими условиями почвы. Структура комплекса почвенных беспозвоночных отражает особенности почвообразования и определяет первичную продукцию [19], т.к. за механическое разрушение растительности отвечают почвенно-подстилочные животные, темпы деструкции определяются обилием животного населения [45]. Лесная подстилка является связующим звеном между почвой и растительностью, а также источником пищи сапрофагов; детрит наземных систем выполняет биогеохимические функции [38, 43]. Подстилка создает благоприятные условия для живых организмов, изменения в ней влечет за собой и изменение сообществ животных [47, 49].

Цель работы – оценить влияние рекреационной нагрузки на почвенно-подстилочный слой и обитающих в нем беспозвоночных животных.

Для реализации поставленной цели сформулированы следующие задачи:

1. Проанализировать трансформацию органогенного горизонта подстилок при рекреационных нарушениях разной степени.

2. Выявить взаимосвязь показателей подстилки и почвенных условий, определить влияние различных факторов на запасы напочвенного покрова.
3. Охарактеризовать обилие и разнообразие беспозвоночных при наличии рекреационных нагрузок, рассмотреть сезонную динамику.
4. Провести сравнительный анализ группировок педобионтов в рекреационных лесах.
5. Рассмотреть зависимость обилия сообществ мезопедобионтов от факторов среды.

1 Обзор литературы

1.1 Воздействие рекреации на лесные экосистемы

Лесные насаждения в пределах или окрестностях городов наиболее подвержены действию неблагоприятных факторов [24]. В городских условиях в роли основной составляющей антропогенной нагрузки выступает комплексное действие загрязнений разного происхождения, относящихся к урбанизации, а также механическое разрушение опада и живой растительности, уплотнение почвы, что является последствием рекреации [16]. Неблагоприятная экологическая обстановка в городе способствует увеличению потока рекреантов, появляется дополнительная нагрузка из-за большей проходимости. Для предотвращения серьезного экологического ущерба необходимо убедиться в высокой степени устойчивости насаждения к действию антропогенного фактора, что позволяет оптимально снизить вероятность развития необратимой деградации экосистемы леса и потери им способности к восстановлению. Необходим рациональный подход к созданию системы рекреационного лесопользования. Например, в городских условиях существует необходимость улучшения лесных троп путем их преобразования в дороги с твердым покрытием, благодаря этому степень воздействия на природу лесов, находящихся под действием рекреации, не будет выходить за пределы допустимых параметров [11]. На все составляющие леса рекреация оказывает воздействие, поэтому необходимо выявлять зависимость компонентов системы от степени действия рассматриваемого негативного фактора [22].

1.1.1 Растительность в условиях рекреационных нагрузок

Основные связанные с рекреационным лесопользованием негативные факторы для растительных сообществ: загрязнение отдельных участков территории, сбор вегетирующих особей и вытаптывание. В результате

возникших стрессовых условий продуктивность фитоценозов значительно снижается.

Ответная реакция растительных организмов в основном определяется устойчивостью, а также способностью к быстрому возвращению исходного состояния, сопровождающей выход из стресса. В разных типах леса отмечается неодинаковая реакция на рекреационные воздействия. В качестве примера можно привести лишайниковые сосняки на рыхлых песчаных почвах. Для данных сосняков характерна крайне низкая устойчивость, ведь из-за интенсивного вытаптывания покров, состоящий из хрупких лишайников, довольно быстро разрушается. В результате песчаная почва, подверженная как ветровой, так и водной эрозии, обнажается. Кроме того частички такой почвы слабо связываются корнями растений. Противоположным примером служит сосновый лес, имеющий густой подлесок: во-первых, кустарники ограничивают свободное передвижение рекреантов, во-вторых, выполняют почвозащитную роль [35]. Потеря способности к восстановлению приводит к деградации экосистемы леса, а с нарастанием дигрессии начинаются изменения компонентов этой экосистемы. В ее состав входят подрост, подлесок, взрослые деревья, а также травянистый ярус.

Рекреационное воздействие можно отследить по взрослым деревьям еще на ранних стадиях, несмотря на то, что визуально оно мало заметно. В результате увеличения рекреационных нагрузок уменьшается прирост деревьев. Жизнедеятельность и биомасса активных корней снижаются вследствие уплотнения верхних горизонтов почвы [35]. На глубине 0-50 см происходит интенсивный рост корней, положительно влияющий на увеличение совокупности почвенных пор [51]. Вытаптывание и другие аспекты рекреации ведут к изменению физических характеристик почвы, поэтому положение сосущих корней приближается к ее поверхности. В результате, верхний слой почвы иссушается, корни повреждаются, в раны попадают болезнетворные микроорганизмы, вызывающие заболевания,

которые приводят к ослаблению дерева в целом [30]. Угнетение деревьев также проявляется в появлении очагов болезней и распространении вредителей; уменьшении размеров и изменении цвета хвои, побегов; подавлении фотосинтеза, испарения (транспирации), дыхания [18].

Долговременное использования леса в качестве рекреационной зоны ведет к деградации живого напочвенного покрова, ухудшению состояния взрослых деревьев, уменьшению подроста и подлеска, а также к снижению сомкнутости полога леса. Чем больше стадия дигрессии, тем меньше сомкнутость кроны и соответственно выше освещенность под древесным пологом. Конечно, это нельзя рассматривать как абсолютно негативное последствие, ведь для подроста сосны, являющейся светолюбивым растением, высокая освещенность является оптимальной средой обитания. Но это не компенсирует негативных последствий рекреационных воздействия. Вначале всходы сосны массово появляются из-за нарушений целостности напочвенного покрова, минерализации почвы, но непрекращающиеся и даже возрастающие нагрузки препятствуют росту всходов, которые погибают, не успев вырасти в крупный подрост [10]. В интенсивно посещаемых местах массово уничтожаются всходы, сохраняется только крупномерный подрост. Основными причинами вытеснения лесных трав луговыми является уплотнение почвы, деградация подстилки и повышение освещенности. В условиях конкуренции побеждают в первую очередь те травы, которые имеют низкий узел кущения, находящийся у земной поверхности. Он обеспечивает сохранение жизни даже при поломке стебля. За счет строения корневой системы луговые растения задерживают почву, что препятствует нормальному развитию подроста и ведет к его отмиранию. Жизнеспособный подрост проигрывает в конкуренции с сорными, луговыми растениями [20]. При прогрессивном отмирании подроста способность леса к самовозобновлению нарушается, устойчивость древостоя значительно снижается. Вероятность гибели лесного биоценоза увеличивается.

Рекреационная дигрессия подлеска проявляется в снижении густоты и жизнеспособности. Высокая жизнеспособность кустарников обеспечивается спящими почками, дающими начало новым побегам. Однако при многократно повторяющихся повреждениях способность к восстановлению резко падает, растение вскоре погибает [35]. Помимо механических повреждений негативным фактором для подлеска является и уплотнение почвы. В условиях чрезмерных рекреационных нагрузок подлесок сильно угнетен, либо отсутствует.

Постепенное олуговение леса происходит как в травянистом ярусе, так и в ярусе кустарников, луговые виды получают преимущество благодаря своей антропоотолерантности. Обычные лесные виды отрицательно реагируют на наличие рекреационных нагрузок, часть видов исчезает быстро, многие сохраняются в составе фитоценоза, но находятся в угнетенном состоянии. Есть и те, для которых изменения, ведущие к гибели других растений, создают предпосылки для увеличения численности популяции и дальнейшего широкого расселения на освободившейся территории. Большая устойчивость к рекреации отмечается у видов с развитой корневой системой и упругими наземными побегами, преимущество получают также растения, у которых листья сосредоточены в розетках. Экологическая валентность растений снижается при расположении подземных органов в приповерхностном слое почвы и увеличивается при более глубоком положении корней стержневого типа, либо при развитии системы тонких корней, которые густо оплетают почву и максимально используют питательные элементы и влагу [35]. Для луговых сообществ характерно формирование устойчивого к вытаптыванию покрова, поэтому луговые виды высоко жизнеспособны по сравнению с лесными. Регистрируется корреляционная связь между числом сорных и лесных видов в покрове в зависимости от величины нагрузок, доля лесных видов уменьшается при повышении степени рекреации. Для последних стадий дигрессии

наблюдается процесс сближения видового состава насаждений разного типа (конвергенция) [20].

1.1.2 Изменение характеристик подстилки и почвы

Высокой чувствительностью к рекреационным нагрузкам обладает не только живая растительность, но и лесная подстилка. При уничтожении напочвенного покрова плотность верхнего минерального слоя почв начинает меняться в сторону увеличения. Переуплотнение почвы ведет к снижению как водопроницаемости, так и воздухоемкости. Уменьшение совокупности пор почвы ведет к снижению количества активных всасывающих корней и соответственно площади поглощающей поверхности.

В лесных биоценозах сильнее повреждаются участки на тропах и вдоль них, в первую очередь разрушается подстилка. Рекреационное лесопользование способствует развитию дорожных сетей внутри древостоев. Ширина тропинок варьирует в довольно широких пределах: от 30 см до 4 м. На дорожках мертвый напочвенный покров отсутствует, либо незначителен, полное отсутствие всегда наблюдается в середине тропы. Ветровая эрозия и механические повреждения в результате вытаптывания оказывают комплексное действие при разрушении опада [24]. Тропы с естественным покрытием – частое явление в лесах, их наличие не говорит о нарушении условий среды. Но в пригородных и городских лесах изменения, возникающие из-за троп, могут приводить к деградации природной среды [17], так как проходимость рекреантов по тропам в пределах года относительно постоянна и не ограничена сезоном. Помимо летней рекреации существует зимняя, она ведет к уплотнению снега, с которым прямо пропорционально связана его теплопроводность, что ведет к увеличению промерзаемости почвы. Промерзаемость почвы в местах, подверженных действию рекреации, превышает контрольную на 3 математических порядка. Стоит отметить влияние лыжных склонов: при передвижении на лыжах по

склонам снег скатывается, в результате чего весной склоны быстрее освобождаются от него, вызывая эрозию почвы. В отличие от летней рекреации механические повреждения зимней вызывают к сплошной гибели подроста, он может частично сохраняться небольшими группами под комлевой зоной взрослых деревьев. Из-за быстрого стаивания и сноса снега страдают растения-эфемероиды. В фитоценозе начинают доминировать однолетние и более устойчивые растения, принадлежащих к гемикриптофитам. Весной и осенью, когда тропинки сильно размокают и затрудняют передвижение, происходит вытаптывание значительной площади около них. С одной стороны, именно тропы при чрезмерной рекреации могут стать очагом нарастающей деградации почвенно-подстилочного слоя, с другой, они ограничивают массовое вытаптывание.

На тропах растительный и почвенный покров подвергается не только непосредственному воздействию через механические повреждения (вытаптывание), но и опосредственному через изменения физико-химических свойств почвы, от которых зависит общая устойчивость почв к рекреационной нагрузке [20]. Кроме свойств почвы меняются и характеристики подстилки, а именно измельчение, уплотнение, разрушение. Как правило, в подстилках исчезает наиболее рыхлый, населенный микроорганизмами и почвенной фауной верхний слой и одновременно уменьшается следующий, состоящий из полуразложившихся растительных остатков. Изменения мертвого почвенного покрова отрицательно сказываются на биогеохимическом круговороте элементов. Рекреация действует как в целом на массу подстилки, так и на соотношение ее фракций [22]. Трансформация экосистемы леса вследствие действия рекреации, в частности комплекса почвенно-подстилочных животных, может начинаться с изменений запасов подстилки. Рекреация непосредственно воздействует на структуру травяно-кустарничкового и мохового покровов, на древесный подрост, почвенную флору и фауну [20]. Усиление освещенности также влияет на трансформацию подстилок [27]. Даже слабое нарушение подстилки

ведет к отмиранию «ризоидоподстилочных» и «корнеподстилочных» растений. С подстилкой и почвой связана значительная доля беспозвоночных животных и микроорганизмов, нарушение почвенно-подстилочного слоя влечет за собой изменение условий среды для обитающих там организмов, а его разрушение может вызвать не только резкое сокращение подходящих местообитаний, но и полное их исчезновение, что ведет к резкому уменьшению биоразнообразия, обилия их популяций и функционального значения в жизни насаждения [30].

1.1.3 Реакция беспозвоночных на рекреационные изменения

Влияние человека на природную среду последовательно ухудшает экологические функции и биологическое разнообразие [48]. Эта реакция сообщества животных встречается наиболее часто. Рекреационные нагрузки вызывают разную реакцию у животных из-за неодинаковой способности адаптироваться к меняющимся условиям среды [36]. В ответ на рекреационное воздействие меняется обилие, видовое богатство, пространственное распределение, поведенческие особенности и образ жизни животных. В основном интенсивная проходимость рекреантов негативно сказывается на большинстве беспозвоночных. В выигрышном положении оказываются виды с большей экологической валентностью, с меньшей чувствительностью к изменениям среды обитания.

Сочетание основных факторов среды (температура, влажность, пища и т.д.), обеспечивающих жизнедеятельность вида, отвечает его так называемому экологическому стандарту. Амплитуды колебаний, в пределах которых возможно существование данного вида (т.е. сохранение ряда преемственных поколений), широта экологического стандарта обозначается как экологическая пластичность вида [6]. Чем выше амплитуда колебаний какого-то фактора среды, тем выше пластичность вида по отношению к

этому фактору. В нарушенных рекреацией насаждениях представители наименее пластичных видов становятся редкими.

По А.А. Захарову [30] можно выделить несколько типов реакции беспозвоночных на рекреационные изменения. Во-первых, снижение средней плотности поселения по мере усиления деградации и олуговения насаждения. Во-вторых, концентрация в прикомлевой зоне, что объясняется сохранением условий, близких к исходным. В-третьих, приуроченность к нарушенным насаждениям. Первые два типа являются примером отрицательной реакции на рекреационные изменения среды обитания и идут параллельно друг другу. А третий тип отличается положительной реакцией на изменения первоначальных условий среды и уменьшение численности и количества лесных видов. По измененным, нарушенным местам расселяются виды, связанные с открытыми участками, например, среди разреженных площадей леса, опушек, полей. [30].

Однако при сильном олуговении леса появление новых видов не компенсирует ни численности, ни видового разнообразия сообщества, утраченных в результате сокращения в нем представленности лесных видов. Повышение степени рекреации приводит к смене состава доминантов, а также к изменению степени доминирования отдельных видов [37].

1.2 Характеристика почвенно-подстилочных беспозвоночных и среды их обитания

1.2.1 Почва и подстилка как среда обитания

Подавляющее большинство наземных беспозвоночных постоянно или временно связано в той или иной степени с почвой, которая представляет собой сложную трехфазную полидисперсную систему: промежутки между твердыми частицами и их агрегатами заполнены воздухом и водой [6]. 98 % видов свободноживущих насекомых в тот или иной период своей жизни связаны с почвой.

По степени связи с почвой можно выделить три основные группы животных, в ней встречающиеся:

1. Геобионты, т.е. на протяжении всего развития обитающие в почве (например, кольчатые черви: дождевые черви, энхитреиды, многоножки геофилиды и литобииды и др.),

2. Геофилы – животные, связанные с почвой на определенной стадии развития (яйцо, личинка, куколка). К ним относится большинство эндоптеригот (т.е. насекомых с полным превращением). В почве часто проходит питание, рост и развитие личинки, также в почве может проходить и окукливание. На стадии имаго животные покидают почву (пластинчатоусые жуки, долгоносики, шелкоуны и др.),

3. Геоксены – животные, периодически уходящие в почву, использующие ее в качестве укрытий и убежищ, обычно развиваются вне почвы (многие виды клопов и др.) [8].

Флористический состав фитоценозов, плодородие почв и почвенные сообщества животных коррелируют между собой. Каждый вид растений создает собственное почвенное сообщество, которое затем влияет на рост данного и других видов растений [44]. Подстилка выступает в качестве аккумулятора питательных веществ, поэтому является удобным индикатором при анализе связей в системе «растения–почва» [28].

Формирование подстилки, которая выступает в качестве индикатора состояния лесного биогеоценоза, является одной из функций древостоя [39]. Подстилка занимает промежуточное положение между поступающими растительными элементами в виде опавших листьев, ветвей, отмершей травы, которые входят в ее состав, и непосредственно почвой, поэтому изучение химического и морфологического состава, физических характеристик напочвенного покрова необходимо для понимания механизмов формирования и распределения органического вещества по профилю почвы.

Подстилка одновременно является самостоятельным горизонтом в почвенном профиле и отдельным компонентом лесной системы, она принимает участие как почвообразовательный фактор для лесных почв [4, 32].

В состав лесной подстилки входят компоненты разного происхождения: растительного (опавшие листья, ветки, плоды, кора и другие остатки растений) и животного (оболочек личинок, экскрементов, трупов животных и т.п.). Подстилочный слой лесов поддерживает значительную долю общего разнообразия членистоногих, а разложение этого слоя является основным путем, по которому питательные вещества возвращаются в почву и углекислый газ в атмосферу [46]. Подстилка выполняет узловую роль как регулятор лесорастительных и других свойств почв. Напочвенный покров характеризуют следующие показатели: масса (запас), мощность, химические свойства (концентрация питательных веществ, рН среды, соленость, содержания гумуса и др.).

Мощность подстилки играет важную роль для многих групп беспозвоночных. Значение зон с мощной подстилкой возрастает, а участков с тонкой подстилкой резко падает при снижении средней плотности поселения разных групп педобионтов.

Большинство беспозвоночных сосредоточено именно в подстилке и нескольких верхних сантиметрах почвы. Основная зона взаимодействия беспозвоночных, обитающих в разных ярусах насаждения – подстилка и несколько верхних сантиметров почвы [30]. Подстилка и ее характеристика неразрывно связана с почвой и другими компонентами лесного биогеоценоза. Сокращение массы или полное разрушение напочвенного покрова имеют далеко идущие последствия для почвы и связанных с ней растений и животных.

1.2.2 Педобионты как фактор биологической устойчивости

Изучение комплекса почвенной мезофауны рекреационных лесов может применяться для оценки и прогноза качества экосистемы леса, а также педобионты активно повышают биологическую устойчивость и самовосстановление сукцессий, вызванных действием рекреации. Беспозвоночные животные, связанные с почвой, эффективно способствуют восстановлению контрольных характеристик лесного биогеоценоза в целом при прекращении рекреационного воздействия [30].

Главное условие для обеспечения нормального функционирования насаждения – поддержание биологической устойчивости и продуктивности. Без деятельности почвенных беспозвоночных выполнение этого условия было бы невозможным. Их активность ускоряет разложение мертвого органического вещества, в частности растительных – в виде детрита; улучшает структуру почвы, увеличивает ее пористость, также улучшается плодородие почвы, тем самым создаются оптимальные, благоприятные условия для роста и развития флоры [30]. Мощность аккумулятивного горизонта почвы и степень активности беспозвоночных животных, обитающих в почве, связаны корреляционной зависимостью [6]. Кроме того быстрое восстановление численности почвенных беспозвоночных обеспечивается их слабой уязвимостью. Темпы восстановления численности популяций беспозвоночных превышают таковые у растительности [30]. В восстановлении всего комплекса имеют значение миграционные и расселительные способности. Этими характеристиками и обладают беспозвоночные, они непрерывно влияют на окружающую их живую растительность, мертвый опад, почву; восстанавливают исходные свойства условий среды обитания. В частности стоит отметить роль почвенно-подстилочных хищников, что проявляется в воздействии на всех остальных беспозвоночных леса, так почвенные насекомые и другие беспозвоночные влияют на процесс сукцессии [Ошибка! Источник ссылки не найден.].

Тип питания имеет принципиальное значение для нормальной жизнедеятельности. По М. С. Гилярову можно выделить четыре группы:

1. Фитофаги – те, кто питается живыми частями растительных организмов.
2. Зоофаги – те, кто питается живыми животными организмами, умерщвляя их.
3. Некрофаги – те, кто питается мертвыми животными.
4. Сапрофаги – те, кто питается разлагающимися остатками растительных (чаще) или животных организмов [8].

Пищевые связи почвенно-подстилочных беспозвоночных не обладают высокой стабильностью, это отличает их от животного населения верхних ярусов лесного сообщества. Но все-таки пищевые предпочтения определяют присутствие или отсутствие вида вне зависимости от общего состояния среды обитания, а как результат наличия пищевого объекта. По этой причине при оценке состояния системы очень важны не только зоофаги, но и сапрофаги, ведь необходимо выявить пищевые связи с растительным покровом [9]. Наблюдается зависимость между обилием сапрофагов и сформированностью подстилки: в почве с выраженной подстилкой сапрофаги доминируют, а с несформированной – уступают по численности и биомассе [50]. В своем большинстве зоофаги и сапрофаги являются постоянными обитателями подстилки и поверхностного слоя почвы или животными, питающимися в пограничной зоне на фазе личинки. Зоофаги с преимущественным питанием в подстилке и на поверхности почвы: многоножки *Geophilomorpha* и *Lithobiomorpha*, подстилочные пауки, сенокосцы, хищные жуки *Carabidae*, *Staphylinidae*, муравьи *Myrmica*, *Lasius* (кроме *L. fuliginosus*), *Serviformica*, хищные клещи. Зоофаги, проходящие в почве стадию личинки: жесткокрылые насекомые из семейства щелкунов (*Elateridae*), мухи, например, Настоящие мухи (*Muscidae*), бекасницы (*Rhagionidae*), комары-долгоножки (*Tipulidae*) и др. Энхитреиды, дождевые черви, двупарноногие многоножки, некоторые нехищные виды жужелиц и коротконадкрылых жуков и т.п. являются сапрофагами [30]. Почвенные беспозвоночные выполняют 70-80% всей работы по трансформации и

утилизации мертвого вещества почвы. Установлено, что на почве с дождевыми червями сосна на 15-20% растет быстрее, чем на аналогичных почвах без них [23].

Почвенные животные приурочены к среде обитания, характеризуются низкой способностью к расселению, поэтому постоянно они особенно зависят от состояния среды обитания, от меняющихся условий [6]. В качестве индикатора биотопических условий может выступать не только растения, покрывающие почву, но и почвенно-подстилочные животные, постоянно обитающие в определенных местообитаниях. Часто почвообитающие животные мало зависят от сезона, погоды и времени суток, так как ведут скрытый образ жизни в среде, обеспечивающей относительное постоянство условий, у наземных же обитателей ярко выражен фотопериодизм, они зависят от термических условий, освещенности, их аспекты меняются в течение сезона. Но несмотря на постоянство аспектов, педобионты чутко реагируют на меняющиеся условия среды, например, изменение температуры, влажности, реакции среды и др [7]. Благодаря относительно крупным размерам и широкому распространению мезофауна почв является удобным индикатором при диагностировании состояния среды, при оценке и прогнозе направления изменений экосистем [6]. Беспозвоночные, обитающие в почве и на ее поверхности в подстилочном слое, хорошо изучены, поэтому являются эффективным компонентом системы исследования, а затем и инструментом восстановления насаждения, подверженного рекреации [30]. Однако педобионты обладают высокой толерантностью к антропогенным воздействиям, поэтому использовать их в качестве биоиндикаторов нужно в комплексе с другими индикаторами, например, можно также учитывать воздействие рекреации на подстилку.

2 Район исследования. Материалы и методы

2.1 Район исследования

Сбор материала проводился в июне (05.06.2019 – 09.06.2019) и июле (11.07.2019 – 15.07.2019) в окрестностях Сибирского федерального университета и по дороге в Студгородок. Исследуемые пробные площади располагались в 5 биотопах и в первый срок взятия проб, и во второй. В июне: березово-сосновый мелкотравный лес с широкой тропой, березняк мелкотравный с асфальтированной тропой, березняк мелкотравный с широкой тропой, березняк разнотравный с узкой тропой и сосняк мелкотравно-мертвопокровный. В июле: березово-сосновый мелкотравный лес с широкой тропой, березняк разнотравный с асфальтированной тропой, березняк крупнотравный с широкой тропой, березняк разнотравный с узкой тропой и сосняк мелкотравно-мертвопокровный.

Характеристика биотопов, где располагались пробные площади в июне:
Березово-сосновый мелкотравный лес с широкой тропой: 6Б4С, сомкнутость кроны – 70%. Подрост практически отсутствует. Единично встречается поросль черемухи азиатской (*Padus asiatica*) и яблони сибирской (*Malus baccata*). В ярусе трав доминируют малина каменистая (*Rubus saxatilis*) и осока большехвостая (*Carex macroura*). Также отмечены виды: купена душистая (*Polygonatum odoratum*), кровохлебка лекарственная (*Sanguisorba officinalis*), репейничек волосистый (*Agrimonia pilosa*), фиалка одноцветковая (*Viola uniflora*). Проективное покрытие – 50%. Микрорельеф образует неровности, кочки и ямки.. Характер увлажнения – атмосферные осадки. Мертвый покров толщиной в 2-3 см.

Березняк мелкотравный с асфальтированной тропой: 10Б, сомкнутость кроны – 30%. Подрост представлен достаточным количеством жизнеспособных молодых деревьев, следовательно, в данном биотопе идет естественное возобновление. В подлеске встречаются такие виды как яблоня сибирская (*Malus baccata*) и боярышник кроваво-красный (*Crataegus*

sanguinea). Ярус трав имеет проективное покрытие 80% . Доминируют такие травы, как репейничек волосистый (*Agrimonia pilosa*), полынь обыкновенная (*Artemisia vulgaris*), кострец безостый (*Bromopsis inermis*) и осока большехвостая (*Carex macroura*). Также в составе отмечены виды: горошек однопарный (*Vicia unijuga*), кровохлебка лекарственная (*Sanguisorba officinalis*), василистник малый (*Thalictrum minus*), лопух паутинистый (*Arctium tomentosum*), подмаренник северный (*Galium boreale*), герань ложносибирская (*Geranium pseudosibiricum*), подорожник средний (*Plantago media*), тмин обыкновенный (*Carum carvi*), майник двулистный (*Maianthemum bifolium*), одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinale*), клевер ползучий (*Trifolium repens*). Присутствие в травяном ярусе репейничка, кровохлебки, подорожника и одуванчика говорит о наличии сильно выраженного антропогенного влияния и об олуговении леса. Слабонаклонная поверхность с микронеоднородностями рельефа. Много мелких камней вследствие покрытия тропы асфальтом. Характер увлажнения – атмосферные осадки. Мертвый покров не мощный – в среднем 1 см.

Березняк мелкотравный с широкой тропой: 10Б, сомкнутость кроны – 30%, проективное покрытие – 80%. Подрост отсутствует, в подлеске встречаются: яблоня сибирская (*Malus baccata*), рябина сибирская (*Sorbus sibirica*), кизильник черноплодный (*Cotoneaster melanocarpus*). В ярусе трав доминируют осока большехвостая (*Carex macroura*), горошек однопарный (*Vicia unijuga*) и подмаренник бореальный (*Galium boreale*), также встречаются виды: земляника зеленая (*Fragaria viridis*), герань ложносибирская (*Geranium pseudosibiricum*), тмин обыкновенный (*Carum carvi*), ирис русский (*Iris ruthenica*) и клопогон вонючий (*Cimicifuga foetida*). Микрорельеф представлен слабонаклонной поверхностью, увлажнение происходит за счет атмосферных осадков. Мертвый покров – 3 см.

Березняк разнотравный с узкой тропой: 10Б, сомкнутость кроны – 50-60%, проективное покрытие – 70%. Подрост практически отсутствует. В подлеске отмечены: рябина сибирская (*Sorbus sibirica*), яблоня сибирская

(*Malus baccata*) и черемуха азиатская (*Padus asiatica*). Травяной ярус представлен купеной душистой (*Polygonatum odoratum*), геранью ложносибирской (*Geranium pseudosibiricum*), горошком однопарным (*Vicia unijuga*), осокой большехвостой (*Carex macroura*) и другими видами. Слабонаклонная поверхность с микронеоднородностями рельефа. Характер увлажнения – атмосферные осадки. Мощность подстилки составляет в среднем 3 см.

Сосняк мелко травно-мертвопокровный: 10С, сомкнутость кроны – 50%. Подрост практически отсутствует. В подлеске единично встречается кизильник черноплодный (*Cotoneaster melanocarpus*). Ярус трав угнетен и сосредоточен в прикомлевой зоне. Проективное покрытие – 30%. В составе – одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinale*), мятлик луговой (*Poa pratensis*), репейничек волосистый (*Agrimonia pilosa*), осока большехвостая (*Carex macroura*), подорожник средний (*Plantago media*), клевер ползучий (*Trifolium repens*) и тмин обыкновенный (*Carum carvi*). Микрорельеф из небольших кочек и неровностей. Характер увлажнения – атмосферные осадки. Мертвый покров толщиной в 2-3 см.

Характеристика биотопов, где располагались пробные площади в июле:

Березово-сосновый мелко травный лес с широкой тропой: 6Б4С, сомкнутость кроны – 75%. Наблюдается возобновление, так как есть разновозрастной подрост и сосны, и березы. Подлесок представлен черемухой азиатской (*Padus asiatica*) и розой иглистой (*Rosa acicularis*). Заметно сильное антропогенное воздействие, ярус трав угнетен, отмечены виды: подорожник средний (*Plantago media*), скерда сибирская (*Crepis sibirica*), горошек заборный (*Vicia sepium*), клевер ползучий (*Trifolium repens*), горошек однопарный (*Vicia unijuga*), одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinale*) и другие. Проективное покрытие – 45%. Микрорельеф образует неровности из кочек и ямок. Характер увлажнения – атмосферные осадки. Мощность подстилки достигает 3,2 см.

Березняк разнотравный с асфальтированной тропой: 10Б, сомкнутость кроны – 75%. Подрост и подлесок практически отсутствуют. Единично встречается роза иглистая (*Rosa acicularis*). В ярусе трав отмечены виды: репейничек волосистый (*Agrimonia pilosa*), кровохлебка лекарственная (*Sanguisorba officinalis*), клевер люпиновый (*Trifolium lupinaster*), василистник малый (*Thalictrum minus*), клевер ползучий (*Trifolium repens*), клевер луговой (*Trifolium pratense*), горошек заборный (*Vicia sepium*), мятлик луговой (*Poa pratensis*) и другие. Проективное покрытие – 80%. Микрорельеф образует неровности, кочки и ямки, много камней. Характер увлажнения – атмосферные осадки. Мертвый покров достигает 3,5 см.

Березняк крупнотравный с широкой тропой: 10Б, сомкнутость кроны – 70%. Подрост отсутствует. В подлеске встречаются такие виды как рябина сибирская (*Sorbus sibirica*), черемуха азиатская (*Padus asiatica*) и роза коричная (*Rosa majalis*). Ярус трав имеет проективное покрытие 90%. В составе отмечены виды: горошек однопарный (*Vicia unijuga*), репейничек волосистый (*Agrimonia pilosa*), клевер люпиновый (*Trifolium lupinaster*), скерда сибирская (*Crepis sibirica*), горошек заборный (*Vicia sepium*) и другие. Поверхность слегка наклонная с микронеоднородностями рельефа из ям и кочек. Характер увлажнения – атмосферные осадки. Мощность подстилки достигает 4 см.

Березняк разнотравный с узкой тропой: 10Б, сомкнутость кроны – 65%, проективное покрытие – 95%. Подрост практически отсутствует. В подлеске: яблоня сибирская (*Malus baccata*), черемуха азиатская (*Padus asiatica*), роза коричная (*Rosa majalis*) и калина обыкновенная (*Viburnum opulus*). В травяной ярусе встречаются: репейничек волосистый (*Agrimonia pilosa*), клевер люпиновый (*Trifolium lupinaster*), василистник малый (*Thalictrum minus*), лютик однолистный (*Ranunculus monophyllus*), земляника зеленая (*Fragaria viridis*), герань ложносибирская (*Geranium pseudosibiricum*), тмин обыкновенный (*Carum carvi*), ирис русский (*Iris ruthenica*) и другие.

Микрорельеф неоднороден, поверхность наклонная. Мощность подстилки составляет в среднем 2-3 см.

Сосняк мелко травно-мертвопокровный: 10С, сомкнутость кроны – 55%. Подрост отсутствует. В подлеске отмечены: кизильник черноплодный (*Cotoneaster melanocarpus*), рябина сибирская (*Sorbus sibirica*). Травяной ярус изреженный, проективное покрытие составляет около 30%. Встречаются виды: одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinale*), тмин обыкновенный (*Carum carvi*), подорожник малый (*Plantago minuta*). Осока большехвостая (*Carex macroura*) образует компактные куртины, также есть небольшие ямки. Мертвый покров толщиной до 3 см.

2. 2 Объект исследования

Подстилка и почвенная мезофауна – индикаторы изменений рекреационной системы в данной работе, так как они служат чуткими биоиндикаторами, поэтому выявленные изменения в структуре почвенно-подстилочной мезофауны отражают трансформацию тотальных характеристик среды под влиянием негативного фактора (рекреации), а не случайное появление или исчезновение отдельных видов растений.

Таким образом, объект исследования выпускной квалификационной работы – крупные почвенно-подстилочные беспозвоночные (мезофауна).

2. 3 Методы исследования

2.3.1 Взятие проб подстилки и почвы в полевых условиях

Тропа – показатель наличия рекреационных нагрузок, поэтому сбор проб проводился в каждом из 3 типов леса с широкой тропой (2-3,5м), для исследования влияния фактора типа тропы на запасы подстилки материал также был взят в березняках с разными тропами: узкой (55-65 см) и широкой (2-2,5 м) без искусственного покрытия, широкой асфальтированной (2 м).

При почвенно-зоологических исследованиях обычно применяются методы прямого учета: определение численности почвенных животных, которую рассчитывают на 1 метр квадратный. Материал отбирался методом пробных площадок [6]. Пробы брались непосредственно на тропе, в удалении от нее на 100 и 250 см, они располагались через каждый метр друг от друга параллельно тропе. На каждом участке заложено по 5 пробных площадок размером 30x30 см. Общее количество площадок – 75 (рисунок 1).

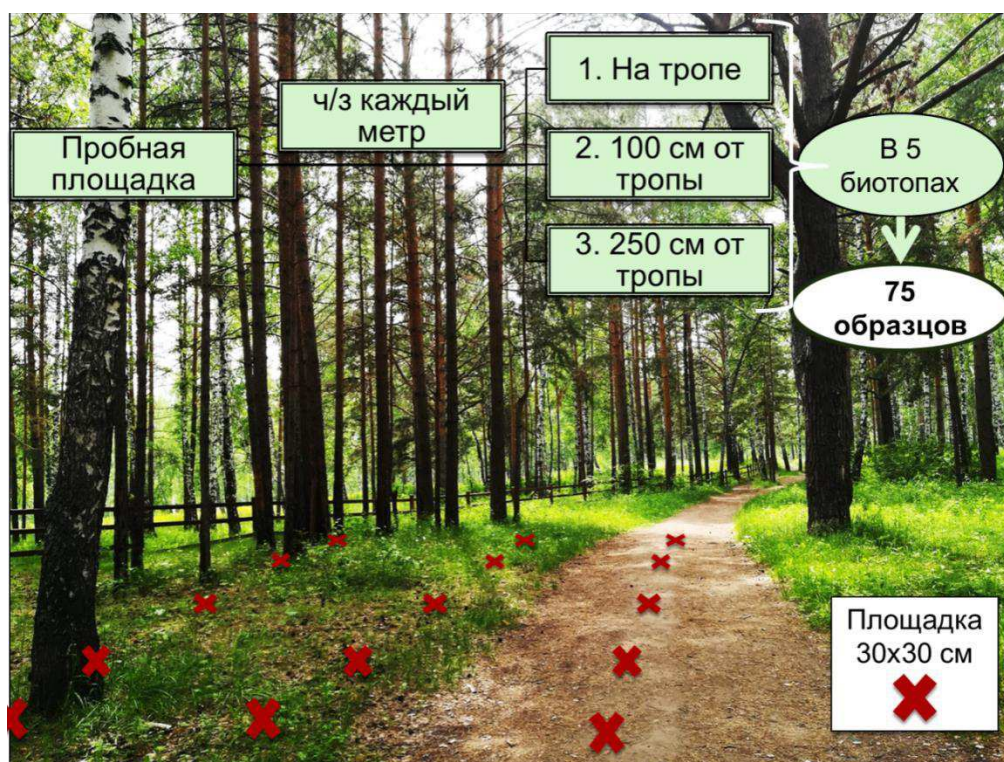


Рисунок 1. Схема взятия проб для зоолого-почвенного исследования

Всего было собрано 150 проб. Сбор проводился два раза: в начале июня (75) и в середине июля (75) для выявления динамики численности педобионтов и запасов подстилки. Регулярные наблюдения позволяют выяснить зависимость изменений рассматриваемых характеристик от климата, развития растительности и колебаний других условий среды [41].

При сборе пробы сначала отмечалась ее площадь 30x30 см с условным обозначением границ ножом. На меньшей площади крупные формы встречаются редко, а на большей сбор и дальнейшая разборка материала

трудоемки, кроме того нарушаются большие участки растительного покрова, в состав которого входят и долго восстанавливающиеся мхи, структура биогеоценоза слишком нарушается [1]. Вегетирующая трава выщипывалась для облегчения дальнейшей разборки почвы. На каждой площадке линейкой измерена мощность подстилки. Затем с площади пробы в полиэтиленовый пакет руками собран опад и другие растительные остатки. Все найденные при этом беспозвоночные фиксировались и записывались. Дождевые черви и их коконы, замеченные при взятии пробы, записывались, но не фиксировались (были отпущены). При сборе верхнего слоя почвы более крупные комья разбивались, а сплетения корешков и дерновина разрывались для извлечения прячущихся там животных. Данные обо всех найденных при взятии проб животных (в том числе упущенных/отпущенных) тут же в полевых условиях записывались в дневник с той точностью определения, которая доступна или под условными наименованиями. Также в дневнике давалось подробное описание биотопа, участка сбора. Попутно с упаковкой подстилки в алюминиевый бокс 50x40 мм брался образец почвы для определения гигроскопической влажности в пятикратной повторности для каждого удаления от тропы (0, 100 и 250 см), всего 75 образцов в июне, и еще 75 – в июле. Также на каждой пробной площадке измерялась температура почвы. Выносной датчик электронного термометра вставлялся в почву, спустя пару минут записывался результат.

2.3.2 Разбор проб подстилки и почвы в лабораторных условиях

Ручная разборка подстилки производилась на клеенке. Весь субстрат с пробной площади разбирался частями. Из подстилки извлечены беспозвоночные. Насекомые, многоножки, паукообразные для фиксации помещались в стеклянные ёмкости объемом 10 мл с 70% этиловым спиртом [1]. На каждую ёмкость клеилась временная этикетка с номером пробы. Подстилка разобрана на фракции в зависимости от типа леса (березняк:

листья, трава, ветки, детрит; сосняк: хвоя, трава, листья, кора, ветки, шишки, мох, детрит; смешанный древостой может включать все перечисленное). Фракции были высушены, их воздушно-сухая масса взвешивалась для статистической обработки (выявления зависимостей между запасами подстилки и различными факторами среды). Численность животных в пробах и масса подстилки пересчитывалась на квадратный метр.

2.3.2 Статистические методы

Проверка статистической гипотезы о наличии линейной связи между мощностью и массой напочвенного покрова; факторами среды (влажность, температура) и численностью животных, запасами подстилки проводилась с помощью коэффициента корреляции Пирсона:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}},$$

где x_i, y_i – значения переменных из выборочных совокупностей x и y ,
 \bar{x}, \bar{y} – выборочные средние,
 n – количество измерений.

Для оценки влияния на запасы подстилки таких факторов, как тип леса и положение удаленности от тропы, а также типа тропы и удаленности от нее применен двухфакторный дисперсионный анализ.

Попарные сравнения средних значений имеющихся групп проводились с помощью пост-хок теста Тьюки.

Идентификация животных проводилась по определителю насекомых европейской части СССР Б.М. Мамаева [25], определителю насекомых по личинкам Б. М Мамаева [26], определителю личинок жуков-щелкунов фауны СССР В.Г. Долина [15], а также с помощью учебного пособия по зоологии беспозвоночных В.К. Дмитриенко [14].

Анализ α -разнообразия сообщества проведен с помощью ряда индексов.

Индекс Шеннона:

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i * \ln p_i,$$

где p_i – доля особей i -го вида.

Индекс Шеннона-Уивера используется при расчете выравненности, E .

Она отражает отношение наблюдаемого разнообразия к максимальному:

$$E = \frac{H'}{\ln S}$$

где s – число видов в сообществе.

Выравненность будет тем меньше, чем выше доминирование 1 элемента системы [31].

В качестве меры доминирования использован индекс Симпсона в форме $1 - D$ («вероятность межвидовых встреч»). Индекс практически не зависит от видового богатства, чувствителен к наличию наиболее обильных видов [34]. D вычисляется по формуле:

$$D = \sum_{i=1}^s \frac{(n_i)^2}{N^2},$$

где n_i – число особей i -го вида, а N – общее число особей.

Индекс видового богатства Маргалефа:

$$D_{Mg} = \frac{s-1}{\ln N}.$$

Степень различий или сходства ряда местообитаний характеризует β -разнообразие. Оно отражает неоднородность распределения видов вдоль среднего градиента, вместе с оценкой внутреннего разнообразия дает представление об общем биоразнообразии территории.

Для оценки общности видового состава использовался коэффициент сходства Серенсена-Чекановского, который учитывает положительные совпадения:

$$K_{CЧ} = \frac{2c}{a+b},$$

где c – общее число особей на участке,

a – общее число особей на участке a ,

b – общее число особей на участке b .

Помимо качественной оценки сходства сообществ педобионтов рекреационных лесов учитывалось количественное сходство по коэффициенту общности удельного обилия Наумова:

$$K = \frac{\sum c_{min} * 100}{a + b - \sum c'_{min}}$$

где c – меньший показатель обилия каждого вида,

a – суммарное обилие всех видов в одной группировке,

b – суммарное обилие всех видов в другой группировке.

Данный индекс чувствителен, тонко отражает степень количественного сходства [42], т.к. учитывается обилие каждого представителя, а не его присутствие.

Влажность почвы определяет жизнедеятельность растительного покрова, который в свою очередь влияет на комплекс педобионтов.

Влажность почвы рассчитывают по формуле:

$$\omega = \frac{q_1 - q_2}{q_2 - q_0} * 100\%, \text{ м.с.п.,}$$

где ω – искомая влажность, % от массы сухой почвы,

q_0 – масса пустого бюкса, г,

q_1 – масса бюкса с почвой до высушивания, г,

q_2 – масса бюкса с почвой после высушивания до постоянной массы, г.

Статистический анализ данных выполнен в программе Past3 и «Microsoft Office Excel 2010».

Выводы

1. Под действием рекреации уменьшается количество фракций подстилки, общие ее запасы в июне сокращаются в 11 раз, а в июле – в 70 раз. Мощность лесной подстилки при удалении от троп возрастает в 30-40 раз независимо от сезона.

Между запасами и мощностью подстилки наблюдается сильная статистическая взаимосвязь, r в среднем равен 0,9. Масса напочвенного покрова положительно коррелирует с влажностью почвы (в среднем $r=0,69$ – значительная связь) и отрицательно с температурой почвы (в среднем $r= -0,79$ – сильная связь). Мощность также связана с влажностью и температурой почвы, однако степень связи уменьшается: коэффициенты корреляции в среднем равны 0,49 и 0,73 соответственно.

2. Установлено влияние положения относительно тропы и типа леса и тропы на изменения запасов подстилки, $p \ll 0,05$.

Масса подстилки увеличивается от березняка к сосновому древостою и изменяется при удалении от тропы. Тип тропы влияет на запасы подстилки неоднозначно: она увеличивается в выборках с широкой тропой без искусственного покрытия и уменьшается – с узкой и асфальтированной. Масса напочвенного покрова положительно коррелирует с влажностью почвы (в среднем $r=0,69$ – значительная связь) и отрицательно с температурой почвы (в среднем $r= -0,79$ – сильная связь).

3. Почвенные беспозвоночные населяют участки антропогенно ненарушенные и отсутствуют на тропях. Мезофауна представлена животными трех типов: Annelida, Arthropoda, Mollusca. Биоразнообразие незначительно возрастает в июле зависимо от типа тропы в большинстве древостоях (в июне отмечено 40 семейств, в июле – 43). Индекс Шеннона варьирует от 0,82 до 2,58 в июне и от 1,58 до 2,86 в июле. Выравненность и вероятность межвидовых встреч довольно высоки (кроме березняка с асфальтированной тропой): индекс Пиелу в июне составляет от 0,71 до 0,93,

в июле – от 0,73 до 0,96. Индексы биоразнообразия в древостое с асфальтированной тропой минимальны. Здесь зарегистрированы более низкие значения индекса выравненности (0,51 и 0,63). Искусственное покрытие способствовало восстановлению численности и разнообразия беспозвоночных вблизи тропы.

4. В большинстве случаев в июне на менее подверженных рекреации участках сообщества педобионтов разных типов леса не имеют сходства, в июле же сходство регистрируется. В пределах одного и того же типа леса на разных удалениях от троп зарегистрировано сходство сообществ почвенной мезофауны. Наибольшая степень сходства отмечается в смешанном древостое, а наименьшая – в сосновом. Количественное сходство сообществ беспозвоночных животных уменьшается при большем удалении от троп.

5. Группа доминирующих семейств мезофауны варьирует. В июне в березняке и смешанном древостое с широкими тропами она включает кольчатых червей (Enchytraeidae, Lumbricidae), моллюсков семейства Valloniidae, муравьев, Psocidae из отряда сеноедов Psocoptera. В сосняке – муравьев и щелкунов (Elateridae), на участке с асфальтированной тропой – муравьев и жужелиц (Carabidae). Существенных изменений в доминирующем комплексе в июле не зафиксировано.

При приближении к тропам уменьшается численность малоподвижных животных (личинки щелкунов, дождевые черви, энхитреиды, моллюски) и увеличивается количество более активных (муравьи, жужелицы).

6. Температура и влажность оказывают комплексное влияние на численность педобионтов, однако значимой связи между обилием беспозвоночных и температурой не обнаружено. Корреляция с влажностью средней силы ($r=0,50$). При нормальных гидротермальных условиях более значимыми оказались мощность и масса напочвенного покрова. Корреляция с мощностью подстилки высокая ($r=0,63$ в июне и $r=0,91$ в июле), с запасами – средняя взаимосвязь ($r=0,57$).

7. По степени рекреационного воздействия исследованные древостои можно расположить в следующей последовательности: березняк с асфальтированной тропой > сосновый лес с широкой тропой > березняк с узкой тропой > смешанный древостой с широкой тропой > березняк с широкой тропой.

Список использованных источников:

1. Бабенко, А. С. Методы учета почвенных беспозвоночных: учебно-методическое пособие / А. С. Бабенко, У. А. Булатова, С. А. Нужных. – Томск: Томский государственный университет, Кафедра защиты растений, 2010. – 55 с.
2. Богатырев, Л. Г. О некоторых теоретических аспектах исследования лесных подстилок / Л. Г. Богатырев, В. В. Демин, Г. В. Матышак, В. А. Сапожникова // Лесоведение. – 2004. – № 4. – С. 17–29.
3. Богатырев, Л. Г. Особенности формирования органофилия темно-гумусовых лесных почв северо-востока Костромской области / Л. Г. Богатырев, А. В. Иванов, Г. В. Матышак, А. А. Степанов // Лесоведение. – 2006. – № 3. – С. 8–14.
4. Богатырев, Л. Г. Является ли подстилка самостоятельным биогеоценоотическим телом природы? / Л. Г. Богатырев // Экология. – 1990. – № 6. – С. 3-7.
5. Волков, А. Г. Лесная подстилка в парцеллах ельников северной подзоны тайги / А. Г. Волков // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2015. – № 2. С. 63-69.
6. Гиляров, М. С. Зоологический метод диагностики почв / М. С. Гиляров. – Москва: Наука, 1965. – 278 с.
7. Гиляров, М. С. Индикационное значение почвенных животных при работах по почвоведению, геоботанике и охране среды / М. С. Гиляров // Проблемы и методы биологической диагностики и индикации почв – Москва: Наука, 1976. С. 9-18.
8. Гиляров, М. С. Почвенная фауна и жизнь почвы / М. С. Гиляров // Почвоведение. – 1939. – С. 3-15.
9. Гиляров, М. С. Почвенные беспозвоночные как индикаторы почвенного режима и его изменений под влиянием антропогенных факторов / М. С. Гиляров // Биоиндикация состояния окружающей среды Москвы и Подмосковья. – Москва, 1982. – С. 8–12.

10. Горбунов, А. С. Естественное возобновление рекреационных сосняках зеленой зоны г. Красноярск / А. С. Горбунов, П. А. Цветков // Хвойные бореальной зоны. – 2009. – Т. 6, № 2. – С. 244-248.
11. Горяева, Е. В. Влияние рекреации на леса зеленой зоны г. Красноярск / Е. В. Горяева, Н. С. Кузьмик // Актуальные проблемы лесного комплекса. – 2010. – № 26. – С. 88-92.
12. Демаков, Ю. П. Роль лесной подстилки в борах Марийского Заволжья и вариабельность её параметров / Ю. П. Демаков, А. В. Исаев, Р. Н. Шарафутдинов // Научные труды Государственного природного заповедника «Большая Кокшага». – 2017 – № 8. – С. 15-43.
13. Демаков, Ю. П. Содержание органики и зольных элементов в напочвенном покрове и почве сосняков лишайниковых и мшистых / Ю. П. Демаков, А. В. Исаев, В. И. Таланцев // Научные труды государственного природного заповедника «Большая Кокшага». – 2013 – № 6. – С. 56-76.
14. Дмитриенко, В. К. Зоология беспозвоночных: учеб. пособие / В. К. Дмитриенко, Е. В. Борисова, С. П. Шулепина – Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2017. – 172 с.
15. Долин, В. Г. Определитель личинок жуков-щелкунов фауны СССР / В. Г. Долин. – Киев: Урожай, 1978. – 123 с.
16. Ермаков, А. И. Почвенная мезофауна лесных экосистем в условиях крупного промышленного города / А. И. Ермаков, Е. Л. Воробейчик // Евразийский энтомологический журнал. – 2013. – Т. 12, № 6. – С. 519–528.
17. Захаров, С. Г. Тропа и рекреационная нагрузка: новый метод определения уплотнения почв на тропах / С. Г. Захаров, И. В. Кулик // Географический Вестник. – 2017. – № 2. – С. 109-117.

18. Ивонин, В. М. Теоретическая концепция эрозии почв для рекреационных лесов / В. М. Ивонин, И. В. Воскобойникова // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – 2015. – № 1. – С. 61-71.
19. Ищанова, Г. У. Роль почвенных беспозвоночных на почвообразовательные процессы на примере степных почв сопредельных с лесом / Г. У. Ищанова // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2013 – №. 6 – С. 73-77.
20. Казанская, Н. С. Рекреационные леса / Н. С. Казанская, Б. В. Панина, Н. Н. Маршенин – Москва: Лесная промышленность, 1977. – 96 с.
21. Кобзарь, А. И. Прикладная математическая статистика. Для инженеров и научных работников. / А. И. Кобзарь. – Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2006. – 816 с.
22. Кузнецов, В.А. Количественная оценка влияния рекреации на растительность, подстилку и плотность почв лесопарков Москвы / В. А. Кузнецов, И.М. Рыжова, В.М. Телеснина, Г.В. Стома // Вестник Московского университета. Серия 17. Почвоведение – 2015. – № 1. – С. 21-29.
23. Луганский, Н. А. Лесоведение: учебн. пособие / Н. А. Луганский, С. В. Залесов, В. Н. Луганский. – Екатеринбург: Уральский государственный лесотехнический университет, 2010. – 432 с.
24. Лысиков, А. Б. Влияние рекреации на состояние почв в городских лиственных лесах / А. Б. Лысиков // Лесоведение. – 2011. . – № 4. – С. 11-20.
25. Мамаев, Б. М. Определитель насекомых европейской части СССР: учебн. пособие / Б. М. Мамаев, Медведев Л. Н., Правдин Ф. Н. – Москва: Просвещение, 1976. – 304 с.

26. Мамаев, Б. М. Определитель насекомых по личинкам: пособие для учителей / Б. М. Мамаев – Москва: Просвещение, 1972. – 400 с.
27. Методика изучения влияния рекреационных нагрузок на древесные насаждения лесопаркового пояса г. Москвы в связи с вопросами организации территорий массового отдыха и туризма / Н. С. Казанская [и др.]. – Москва: Лесная промышленность, 1975. – 94 с.
28. Орлова, М. А. Методические подходы к отбору образцов лесной подстилки с учетом мозаичности лесных биогеоценозов / М. А. Орлова, Н. В. Лукина, В. Э. Смирнова // Лесоведение. – 2015. – № 3. – С. 214–221.
29. Плавильщиков, Н. Н. Определитель насекомых: Краткий определитель наиболее распространенных насекомых европейской части России / Н. Н. Плавильщиков. – Москва: Топикал, 1994. – 544 с.
30. Почвенные беспозвоночные рекреационных ельников Подмосковья / А. А. Захаров [и др.]. – Москва: Наука, 1989. – 233 с.
31. Протасов, А. А. Биоразнообразие и его оценка. Концептуальная диверсикология / А. А. Протасов. – Киев, 2002. – 105 с.
32. Решетникова, Т. В. Лесные подстилки как депо биогенных элементов / Т. В. Решетникова // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2011. – № 12. – С. 75-82.
33. Решетникова, Т. В. Лесные подстилки как депо биогенных элементов / Т. В. Решетникова // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2011. – № 12. – С. 74-82.
34. Розенберг Г. С. Несколько слов об индексе разнообразия Симпсона // Самарская Лука. – 2007. – Т. 16, №3. – С. 581-584.
35. Рысин, Л. П. Эколого-лесоводственный мониторинг лесов рекреационного назначения / Л. П. Рысин // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем – 1993. – Т. 15. – С. 161-169.

36. Самойлов, Б. Л. Влияние рекреационного лесопользования на животных / Б. Л. Самойлов, Г. В. Морозова – Москва: Наука, 1987. – С. 36-70.
37. Семенова, О. В. Экология жужелиц в промышленном городе / О. В. Семенова // Экология. – 2008. – № 6. – С. 468-474.
38. Тарасов, П. А. Основные характеристики лесной подстилки производных мелколиственных насаждений / П. А. Тарасов, А. В. Тарасов, В. А. Иванов // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2015 – №. 2 – С. 197-200.
39. Телеснина, В. М. Свойства лесных подстилок во взаимосвязи с напочвенным покровом в лесных экосистемах Подмосковья (на примере УОПЭЦ «Чашниково») / В. М. Телеснина, О. В. Семенюк, Л. Г. Богатырёв // Вестник московского университета. Серия 17: почвоведение. – 2017. – №4. – С. 11-20.
40. Телеснина, В. М. Свойства лесных подстилок во взаимосвязи с напочвенным покровом в лесных экосистемах Подмосковья (на примере УОПЭЦ Чашниково) / В. М. Телеснина // Вестник Московского университета. Серия 17: Почвоведение. – 2017. – № 4. – С. 11–20.
41. Фасулати, К. К. Полевое изучение наземных беспозвоночных / К. К. Фасулати. – Москва: Высшая школа, 1971. – 424 с.
42. Чернов Ю. И. Основные синэкологические характеристики почвенных беспозвоночных и методы их анализа / Ю. И. Чернов. – Москва: Наука, 1975. – 282 с.
43. Чжан, С. А. Мощность лесной подстилки сосновых насаждений в условиях длительного техногенного пресса / С. А. Чжан, Е. М. Рунова, О. А. Пузанова, Л. А. Чжан. // Системы. Методы. Технологии. – 2011. – №. 12. – С. 157-162.

44. Aguilera A. G. The influence of soil community density on plant-soil feedbacks: An important unknown in plant invasion / A. G. Aguilera // *Ecological Modelling*. – 2011 – V. 222, №18. – P. 3413-3420.
45. Araujo A. S. Soil Surface- Active Fauna in Degraded and Restored Lands of Northeast Brazil / A. S. Araujo // *Land Degradation & Development*. – 2015. – V. 26 – №. 1 – P. 1-8.
46. Beng, K. S. Seasonal changes in the diversity and composition of the litter fauna in native forests and rubber plantations / K. S. Beng, R. T. Corlett, K.W. Tomlinson // *Scientific Reports*. – 2018. – V. 8. – P. 1-13.
47. Chauvat, M. Humus structure during a spruce forest rotation: quantitative changes and relationship to soil biota / M. Chauvat, J. F. Ponge, V. Wolters // *European Journal of Soil Science*. – 2007. – V. 58. – P. 625-631.
48. Cheol Min, L. Diversity of beetles in Gariwangsan Mountain, South Korea: Influence of forest management and sampling efficiency of collecting method / L. Cheol Min, K. Tae-Sung, P. Young Kyu, K. Sung-Soo, J. Han Sung, L. Young Geun // *Journal of Asia-Pacific Biodiversity*. – 2014. – P. 319-346.
49. Loydi, A., Effects of litter on seedling establishment in natural and semi – natural grasslands: a meta- analysis / A. Loydi, R. Lutz Eckstein, A. Otte, T. W. Donath // *Journal of Ecology*. – 2013. – V. 101. – P. 454-464.
50. Reich P. B. Linking litter calcium, earthworms and soil properties: a common garden test with 14 tree species/ P. Reich, J. Oleksyn, J. Modrzyński, P. Mrozinski // *Ecology letters*. – 2005 –V. 8, №. 8. – P.811-818.
51. Suryatmojo, H. Recovery of Forest Soil Disturbance in the Intensive Forest Management System / H. Suryatmojo // *Procedia environmental sciences*. – 2014. – P. 832-840.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Изменение фракционного состава подстилки в зависимости от уровня рекреационной нагрузки

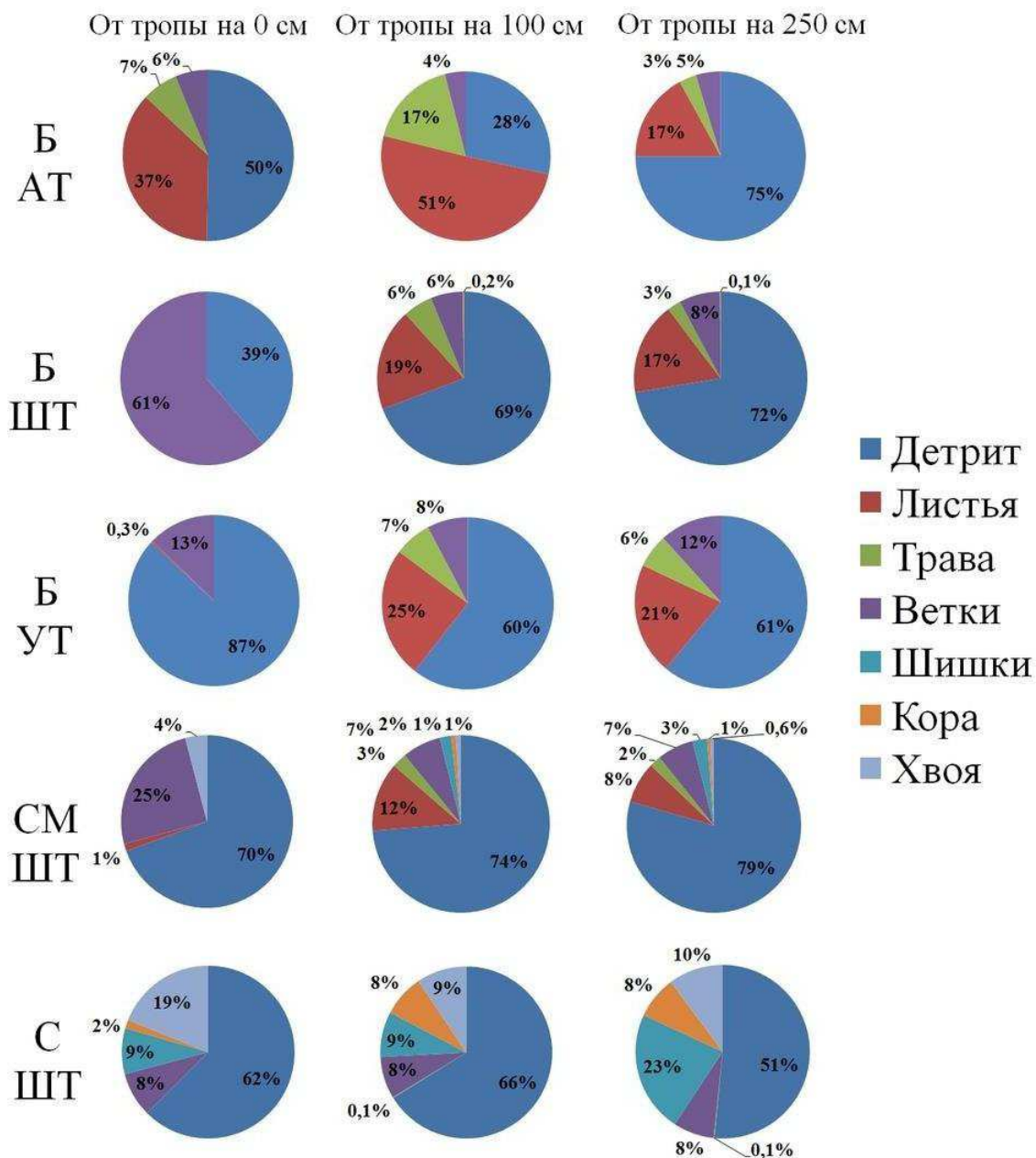


Рисунок А.1 – Фракционный состав подстилки в июне, %

Продолжение приложения А

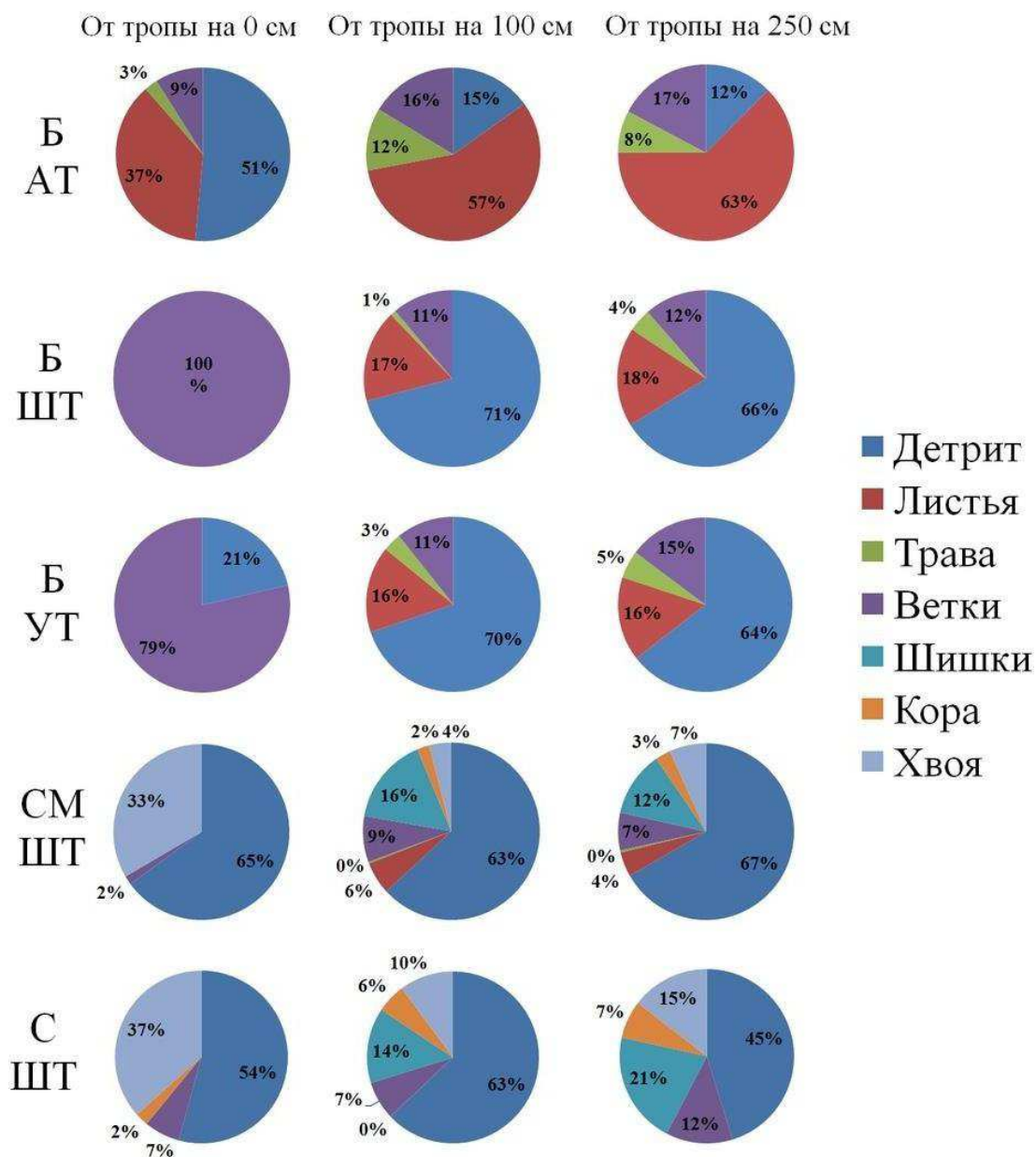


Рисунок А.2 – Фракционный состав подстилки в июле, %

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Состав и обилие (экз./м²) педобионтов в почвах рекреационных лесов

Таблица Б.1 – Состав и обилие (экз./м²) педобионтов в почвах рекреационных лесов, июнь 2019

Тип	Надкласс	Класс	Отряд	Семейство	СМ ШТ		С ШТ		Б ШТ		Б УТ		Б АТ		
					Положение удаленности от тропы, см										
					100	250	100	250	100	250	100	250	0	100	250
Annelidae	Clitellata	Oligochaeta	Enchytraeida	Enchytraeidae	16	73	0	0	2	2	4	49	0	0	0
			Наplotaxida	Lumbricidae	31	33	4	9	4	0	22	20	0	0	7
Mollusca		Gastropoda	Pulmonata	Bradybaenidae	0	0	0	0	7	13	4	11	0	0	0
				Valloniidae	7	13	0	0	0	4	13	20	0	0	0
				Zonitidae	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
				Euconulidae	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
				Cochlicopidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
				Pyramidulidae	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Arthropoda	Myriapoda	Chilopoda	Geophilomorpha	Geophilidae	9	7	7	2	4	2	2	7	0	0	0
			Lithobiomorpha	Lithobiidae	4	0	0	0	2	0	0	2	0	0	2
	Chelicerata	Arachnida	Aranei	Tetragnatidae	7	7	4	0	4	9	4	7	0	0	9
				Agelenidae	0	0	0	0	0	2	0	7	0	0	0
				Linyphiidae	0	16	0	7	2	0	0	0	0	0	0
				Mimetidae	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
				Thomisidae	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0
				Zoridae	2	2	2	0	4	0	2	0	0	0	0
				Ixodida	Argasidae	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0
	Prostigmata	Trombidiidae	11	2	4	0	0	0	2	0	7	0	0		
	Hexapoda	Ectognatha	Psocoptera	Psocidae	27	2	0	0	13	47	0	0	0	0	0
			Hemiptera	Phymatidae	2	0	4	0	2	2	2	0	2	0	0
				Miridae	0	4	0	0	0	18	0	4	0	0	0

Продолжение приложения Б

Окончание таблицы Б.1 – Состав и обилие (экз./м²) педобионтов в почвах рекреационных лесов, июнь 2019

Тип	Надкласс	Класс	Отряд	Семейство	СМ ШТ		С ШТ		Б ШТ		Б УТ		Б АТ				
					Положение удаленности от тропы, см												
					100	250	100	250	100	250	100	250	0	100	250		
Arthropoda	Hexapoda	Ectognatha	Raphidioptera	Raphidiidae	0	0	0	0	2	0	2	0	0	0	2		
			Diptera	Syrphidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
				Xylophagidae	0	0	0	0	0	2	0	2	0	0	0	0	0
				Empididae	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Hymenoptera	Cicadidae	2	2	0	0	0	0	2	4	0	0	0	0	2
				Ichneumonidae	0	0	2	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0
				Formicidae	0	9	29	7	31	24	62	9	18	29	73		
			Coleoptera	Elateridae	7	9	13	7	7	13	4	11	0	0	0	0	0
				Staphylinidae	16	9	4	2	7	2	2	0	4	2	7		
				Carabidae	7	7	0	0	11	18	9	4	4	2	7		
				Scarabaeidae	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0		
				Coccinellidae	0	0	0	0	0	4	2	0	2	0	2		
				Attelabidae	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	0		
				Anthribidae	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0		
				Curculionidae	0	0	0	0	0	4	0	0	2	0	7		
				Scolytidae	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0		
				Tenebrionidae	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2		
			Lepidoptera	Geometridae	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0		
Noctuidae	0	0		0	0	0	0	2	0	0	0	0					

Продолжение приложения Б

Таблица Б.2 – Состав и обилие (экз./м²) педобионтов в почвах рекреационных лесов, июль 2019

Тип	Надкласс	Класс	Отряд	Семейство	СМ ШТ		С ШТ		Б ШТ		Б УТ		Б АТ			
					Положение удаленности от тропы, см											
					100	250	100	250	100	250	100	250	0	100	250	
Annelidae	Clitellata	Oligochaeta	Enchytraeida	Enchytraeidae	4	13	0	0	22	24	13	4	2	2	0	
			Haplotaxida	Lumbricidae	0	11	0	4	9	18	16	13	0	0	0	
Mollusca		Gastropoda	Pulmonata	Bradybaenidae	0	0	0	0	4	11	2	2	0	0	0	
				Valloniidae	0	0	0	0	2	24	7	13	0	0	0	
				Euconulidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2
				Pyramidulidae	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
Arthropoda	Myriapoda	Chilopoda	Geophilomorpha	Geophilidae	2	7	7	0	4	9	4	4	0	0	0	
			Lithobiomorpha	Lithobiidae	0	0	0	4	0	18	0	2	0	2	0	
	Chelicerata	Arachnida	Opiliones	Nemastomatidae	9	2	0	2	7	4	9	7	0	2	2	
			Aranei	Tetragnatidae	0	0	4	2	2	4	7	7	0	2	16	
				Araneidae	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	
				Oxyopidae	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	2	
				Linyphiidae	0	2	0	0	0	0	2	0	2	2	4	
				Mimetidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	
				Thomisidae	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
				Zoridae	0	0	0	0	2	7	2	0	4	2	0	
	Ixodida	Argasidae	4	0	0	0	2	0	2	0	0	0	0			
	Prostigmata	Trombidiidae	2	2	0	0	0	0	2	2	0	0	2			
	Hexapoda	Ectognatha	Psocoptera	Psocidae	0	0	0	0	2	0	0	2	0	0	0	
			Hemiptera	Phymatidae	0	0	0	0	4	0	0	4	11	4	9	
Lygaeidae				2	2	2	2	2	4	7	11	7	2	0		
Miridae				0	0	0	2	2	0	0	4	0	0	0		
Dermaptera			Forficulidae	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		

Окончание приложения Б

Окончание таблицы Б.2 – Состав и обилие (экз./м²) педобионтов в почвах рекреационных лесов, июль 2019

Тип	Надкласс	Класс	Отряд	Семейство	СМ ШТ		С ШТ		Б ШТ		Б УТ		Б АТ				
					Положение удаленности от тропы, см												
					100	250	100	250	100	250	100	250	0	100	250		
Arthropoda	Hexapoda	Ectognatha	Raphidioptera	Raphidiidae	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0		
			Enchytraeida	Enchytraeidae	4	13	0	0	22	24	13	4	2	2	2	0	
			Diptera	Muscidae	0	0	0	0	9	4	0	0	0	0	0	0	0
				Syrphidae	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
				Tipulidae	0	0	0	0	4	0	16	2	0	0	0	0	0
				Scatopsidae	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0
				Anisopodidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
				Sciaridae	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0
				Empididae	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Hymenoptera	Ichneumonidae	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
				Myrmicidae	0	11	0	7	9	9	9	0	2	4	0	0	
				Formicidae	33	20	0	0	18	9	0	0	20	11	9	0	
			Coleoptera	Carabidae	0	4	0	4	9	2	0	2	2	7	9	0	
				Coccinellidae	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
				Curculionidae	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	
				Elateridae	0	13	13	4	2	4	4	4	0	4	2	0	
				Lagriidae	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	
				Silphidae	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	
				Staphylinidae	2	2	9	2	2	9	0	4	7	4	2	0	
				Tenebrionidae	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт фундаментальной биологии и биотехнологии

институт

Кафедра водных и наземных экосистем

кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой



М. И. Гладышев

подпись инициалы, фамилия

« 3 » июля 2020 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

06.03.01 Биология

код и наименование специальности

Влияние рекреационных нагрузок на подстилку и мезобионтов

тема работы

Научный
руководитель:



подпись, дата

доцент, к.б.н.
должность, ученая степень

В. К. Дмитриенко
инициалы, фамилия

Выпускник



подпись, дата

Н. В. Прилепина
инициалы, фамилия

Красноярск 2020

