

На правах рукописи

СОКОЛОВА ТАТЬЯНА ЛЕОНИДОВНА

**БИОИНДИКАЦИОННАЯ РОЛЬ ЛЮМБРИЦИД
ПРИ ОЦЕНКЕ ПОЧВ ГОРОДА КОСТРОМЫ
И КОСТРОМСКОГО ЗАВОЛЖЬЯ**

Специальность 03.02.08 – экология

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание учёной степени
кандидата биологических наук

Нижний Новгород 2011

Работа выполнена на кафедре зоологии и географии Государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Костромской государственной университет имени Н.А. Некрасова»

Научный руководитель: доктор биологических наук, профессор
Барышев Александр Александрович

Официальные оппоненты: доктор биологических наук, профессор
Ануфриев Георгий Александрович

кандидат биологических наук, доцент
Сидоренко Михаил Владимирович

Ведущая организация: ГОУ ВПО «Нижегородский государственный педагогический университет»

Защита диссертации состоится « ____ » _____ 2011г. в ____ ч. на заседании диссертационного совета Д 212.166.12 при Нижегородском государственном университете им. Н.И. Лобачевского по адресу: 603950, г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, д. 23, корп. 1, биологический факультет.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского.

E-mail: ecology@bio.unn.ru факс: (831)462-30-85

Автореферат разослан « ____ » _____ 2011 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат биологических наук



Н.И. Зазнобина

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Почва представляет собой важнейшую составную часть биосферы, в которой протекают многочисленные процессы трансформации и миграции веществ. Выступая в качестве геохимического барьера на пути миграции загрязняющих веществ, почвенный покров предохраняет сопредельные среды от техногенного воздействия. Однако возможности почвы как буферной системы небезграничны. Аккумуляция загрязняющих веществ различного происхождения в почве приводит к изменению их физико-химического и биологического состояния. Эти негативные изменения неизбежно сопровождаются воздействием почв на биоразнообразие, продуктивность биотического компонента и устойчивость биоценозов в целом.

Почвенные животные являются чувствительным индикатором изменения наземных экосистем под воздействием различных природных и антропогенных факторов. Одними из наиболее важных индикаторов состояния окружающей среды является почвенная мезофауна, что обусловлено их возможностью взаимодействовать со многими компонентами своей экосистемы и почва для них выступает как среда обитания в целом. Снижение биоразнообразия педофауны приводит к ослаблению уровня зоотических процессов и деградации почвенного покрова. Поэтому в современных условиях актуальным является вопрос об охране почвенной фауны, и, в первую очередь – почвообразователей. Эта задача должна решаться не только в отношении почвенных беспозвоночных на охраняемых территориях, но и в почвах, которые подвержены интенсивным антропогенным нагрузкам. Подобные исследования стали особенно актуальны в связи с необходимостью прогнозирования экологического состояния окружающей среды.

Состав и структура комплексов люмбрицид, как и других педомезобионтов города Костромы и Костромского Заволжья, практически не изучены, что и послужило обоснованием выбора темы. Эти данные могут выявить направления трансформации биогеоценозов вблизи промышленного города. Зооценоз является чутким индикатором изменений условий среды обитания, а сообщества педобионтов являются высокоинформативными индикаторами свойств и характеристик биогеоценозов под влиянием человека.

Цель исследования. Основной целью работы явилось изучение комплексов люмбрицид фоновых биогеоценозов и биогеоценозов, подверженных антропогенным воздействиям, их структуры и закономерностей распределения в почвах.

Для выполнения намеченной цели были поставлены следующие задачи:

- 1) выявить видовой состав люмбрицид различных биогеоценозов города Костромы и Костромской области;
- 2) оценить соотношение количественных показателей люмбрицид в почвах в сравнении с другими группами почвенной мезофауны;
- 3) выявить соотношение морфо-экологических групп люмбрицид и их место в трофической структуре комплексов педомезобионтов;

4) изучить сезонную динамику изменения количественных и качественных показателей представителей семейства Lumbricidae;

5) провести оценку состояния почвенной мезофауны различных биогеоценозов с использованием почвенно-экологических методов диагностики почв.

Научная новизна. В Костромской области исследования по изучению видового разнообразия, экологии люмбрицид и биоиндикации почвенной мезофауны антропогенных и фоновых биоценозов не проводились.

Впервые в городе Костроме и Костромской области были проведены комплексные исследования люмбрицид, изучена их эколого-фаунистическая структура, разнообразие и распределение в различных биогеоценозах, включая биотопы, подверженные антропогенным воздействиям. В работе, по результатам проведенных исследований, отражена трофическая специфика люмбрицид, а также представлен сравнительный анализ сезонной динамики комплексов семейства Lumbricidae исследованных биотопов. В работе дана сравнительная характеристика биоценотического сходства таких типов сообществ, как березняк, смешанный лес и агроценоз, что позволило сделать выводы о степени сходства гидротермического, химического и биологического режимов сравниваемых почв, а также о связи физико-химических свойств почв с биоразнообразием и закономерностями распределения люмбрицид в сравнении с другими представителями педомезобионтов в почвенном профиле.

Практическая и теоретическая значимость работы. Полученные результаты исследований комплексов люмбрицид расширяют представления о педофауне в биоценозах города Костромы и Костромской области и могут быть использованы при разработке экологического мониторинга городских и пригородных экосистем.

Материалы исследований люмбрицид в комплексе с другими представителями педомезофауны интересны в целях биоиндикации нарушений почвенно-экологических условий в результате рекреационных воздействий и могут быть использованы для прогнозирования экологического состояния сообществ.

Результаты исследований могут быть использованы в перспективе для разработки мероприятий управления сообществами в области охраны природы, в лесном и аграрном хозяйстве.

Основные сведения диссертации использованы в курсах лекций по общей экологии, при изучении экологии Костромской области, а также при проведении учебно-полевых практик по зоологии беспозвоночных для студентов естественно-научных отделений ВУЗов. Данные диссертационной работы использованы в разработке методических рекомендаций для студентов при проведении учебно-полевой практики по зоологии беспозвоночных и экологии.

Основные положения, выносимые на защиту.

1. Видовой состав и структура доминирования люмбрицид в биоценозах с разной степенью антропогенного воздействия.

2. Соотношение количественных показателей основных представителей почвенной мезофауны в зависимости от параметров почвенных условий и степени антропогенной нагрузки.

3. Трофическая структура педомезобионтов и морфо-экологическая характеристика люмбрицид как показатели изменения почвенных условий под влиянием природных и антропогенных факторов.

4. Оценка активности и распределения люмбрицид в почвенном профиле в зависимости от содержания органики и гидротермических условий.

Апробация работы. Материалы диссертационной работы представлялись на международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы науки в агропромышленном комплексе» (Кострома, 2007, 2008 гг.), «Materialy IV mezinarodni vedecko – prakticka conference «Efektivni nastroje modernich – ved – 2008» г. Прага.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа изложена на 124 страницах машинописного текста, содержит 21 рисунок и 14 таблиц. Работа состоит из введения, шести глав, заключения, списка, использованной литературы. Список литературы включает 102 наименования, в том числе иностранной литературы.

Выражаю благодарность за научное консультирование при выполнении данной работы научному руководителю доктору биологических наук, профессору Барышеву Александру Александровичу; коллегам кафедры зоологии и географии Костромского государственного университета имени Н.А.Некрасова.

Глава 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

В литературном обзоре обобщены сведения отечественных и зарубежных авторов о роли люмбрицид в деструкции органического вещества почвы. Выявлен ряд показателей почвенных условий, индикаторами которых могут выступать люмбрициды и другие различные группы педомезобионтов. Проанализированы особенности изменения видового состава и соотношения трофических групп в результате изменения почвенных условий.

Глава 2. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЯ

В главе рассмотрены особенности физико-географического положения Костромской области. Показаны основные особенности наиболее распространенных типов почв и растительных сообществ районов исследования.

Глава 3. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования проводились в течение шести лет (2005 – 2010 гг.) трижды за сезон, что позволило изучить сезонные колебания численности.

Учет почвенной мезофауны проводился общепринятым в почвенно-зоологических исследованиях методом почвенных раскопок (Гиляров, 1965).

Учет производился по следующим группам педомезобионтов: дождевые черви семейства Lumbricidae (до вида), многоножки, насекомые (до отряда). В ходе исследования изучен ряд показателей: видовой состав, плотность, биомасса, встречаемость и обилие различных групп педобионтов.

Учет почвенной мезофауны проводился в пригородных и городских экосистемах, среди которых в качестве объектов исследования выбраны лесные и агроэкосистемы.

Для выявления биоразнообразия педобионтов использованы определительные таблицы Т.С. Всеволодовой-Перель (1997), В.Г. Матвеевой (1982, 1983), Б.М. Мамаева (1972).

Одновременно с изучением люмбрицид и других представителей почвенной мезофауны отобраны образцы почв с типичных пробных участков для изучения физико-химических свойств почв, для определения их влияния на плотность и структуру мезопедофауны. Исследования проведены по общепринятым методикам на базе испытательной лаборатории ФГУ ГСАС «Костромская».

Проведен корреляционный анализ изменений численности, соотношения основных групп педофауны, биомассы люмбрицид в связи с изменениями почвенных характеристик, для чего вычислялся коэффициент фенотипической корреляции в малочисленных выборках (Лакин, 1990).

Для определения диагностических возможностей почвенной мезофауны определен индекс видового разнообразия сообществ по Симпсону, индекс сходства двух сообществ.

Глава 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1. Видовой состав люмбрицид различных биоценозов города Костромы и Костромской области

В почвах района исследования нами обнаружено 11 видов люмбрицид. Видовой состав и относительное обилие данной группы педобионтов представлено в таблице 1.

Наиболее распространенным по числу особей в большинстве исследованных нами биогеоценозов является род *Lumbricus*, среди представителей которых широко распространен *L. rubellus* Hoffmeister, 1843, являющийся подстилочным видом, предпочитающий влажную, богатую перегноем почву. Распространение данного вида связано с листовыми породами. Так, в березняке и смешанном лесу *L. rubellus* составил от 7,6 до 31 %. Однако малый красный червь отмечен и в агроценозах, что обусловлено, очевидно, относительно высоким содержанием гумуса. По результатам химического анализа почвы выявлено, что массовая доля органического вещества в данных биоценозах составила от 3,06 до 7,09 %.

Относительное обилие люмбрицид
в почвах исследованных биоценозов (%)

Пробные площади	<i>A. rosea</i>	<i>E. fetida</i>	<i>E. tetraedra</i>	<i>L. rubellus</i>	<i>L. castaneus</i>	<i>L. terrestris</i>	<i>O. lacteum</i>	<i>D. rubidus tenuis</i>	<i>A. caliginosa</i>	<i>A. longa</i>	<i>D. octaedra</i>
Березняк, г. Кострома	23,4	9,1	-	18,8	13,1	-	-	23,9	-	11,7	-
Смешанный лес, г. Кострома	9,7	-	-	8,2	12,4	10,6	12,4	17,6	-	-	19,1
Агроценоз, г. Кострома	13,7	9,2	-	4,9	11,9	21,8	+	+	14,1	4,3	-
Агроценоз, в 10-ти км от г. Костромы	21,4	8,1	-	22,5	6,1	19,3	-	11,4	10,1	7,00	-
Березняк, Красносельский район	22,9	12,29	-	2,6	9,45	+	-	14,6	16,3	+	10,9
Смешанный лес, Красносельский район	11,6	-	-	6,1	29,4	11,6	-	+	13,9	-	22,2
Смешанный лес, Антроповский район	16,7	9,4	-	7,6	7,12	18,2	11,9	+	7,8	10,9	9,4
Агроценоз, Антроповский район	37,7	-	-	+	+	-	26,9	+	-	-	35,4
Смешанный лес, Макарьевский район	20,1	-	-	30,5	14,7	+	12,2	-	+	-	22,6
Березняк, Макарьевский район	28,5	-	17,9	0,9	-	-	+	22,8	-	+	-

Примечание к таблице: «+» – единичные экземпляры.

L. terrestris Linnaeus, 1758 также предпочитает почвы, богатые перегноем. Данный вид нами не зарегистрирован в березняке вблизи завода и в пойме реки Унжа Макарьевского района. Проведенный химический анализ почвы позволяет сделать следующее предположение: отсутствие данного вида в первых двух биоценозах может быть связано с тем, что в их почвах отмечается относительно низкое содержание гумуса – 3,52 – 3,53 % и содержание влажности – до 13,03 %.

В почвах большинства обследованных биоценозов, за исключением березняка Макарьевского района, отмечен вид *L. castaneus* (Savigny, 1826), отсутствие которого в березняке Макарьевского района вероятно обусловлено низкой влажностью почв, которая составила здесь 3,52 %, так как данный вид предпочитает наиболее влажные почвы. Наибольшая встречаемость данного вида зарегистрирована в биоценозах смешенного леса и в березняке, где отмечены высокие показатели влажности от 10,2 до 26,76 %. Невысокий процент рассматриваемого вида, выявленный нами на уровне 6,1% и в агроценозе, который находится в 10-ти км от города Костромы, где содержание влажности составило 3,06 %.

В большинстве городских биотопов зарегистрирован вид – *E. fetida* (Savigny, 1826). Результаты исследования по этому виду полностью совпадают с данными ряда других авторов по изучению биоразнообразия люмбрицид в Московской области (Матвеева, Носова, 1983).

Редко встречается *E. tetraedra* (Savigny, 1826). В ходе исследований данный вид обнаружен только в березняке Макарьевского района в бассейне реки Унжа. По результатам исследования люмбрицид Московской области данный вид был обнаружен только по берегам водоемов и в заболоченных почвах.

В Костромской области род *Aporrectodea* представлен видами *A. caliginosa caliginosa*, *A. longa* и *A. rosea*. Один из наиболее распространенных, *A. rosea* (Savigny, 1826) обнаружен во всех обследованных биоценозах, почвы которых отличаются по механическому составу, степени влажности и обогащенности органикой, что говорит об эврибионтности данного вида. Широкое распространение данного вида обусловлено его экологическими особенностями.

В городских биогеоценозах выявлен вид *A. longa* (Ude, 1926), который составил от 4,3 до 11,7 % от общего числа педобионтов. В большинстве же пригородных ценозах отмечены только единичные экземпляры данного вида. В то время как *A. caliginosa caliginosa* (Savigni, 1826), наоборот, в черте города встречается редко, обнаружен нами только в агроценозе, где составил до 14,1% от числа педобионтов, так как предпочитает почвы, богатые перегноем.

Достаточно низкая встречаемость вида *O. lacteum* Oerley, 1885, который способен к обитанию в переувлажненных почвах и перенесению длительного периода дефицита кислорода. Так, в черте города Костромы данный вид зарегистрирован только в смешанном лесу, где влажность почвы в исследуемый период составила 25,78 %.

Таким образом, видовой состав люмбрицид различается в разных биотопах, что обусловлено физико-химическими параметрами почв и экологическими особенностями конкретного вида.

3.2. Количественный состав почвенной мезофауны в различных типах экосистем

Структура доминирования мезофауны по численности в почвах объекта исследования различна в контрольных, слабонарушенных и в городских, антропогенно преобразованных экосистемах. Встречаемость основных групп педомезобионтов представлена в таблице 2, из которой видно, что супердоминантами являются люмбрициды, но их процент от общего числа найденных видов в исследованных биоценозах отличается.

Таблица 2

Встречаемость основных групп мезофауны в почвах биогеоценозов города Костромы и Костромского Заволжья (%)

Пробные площадки	Группа педобионтов				Мезофауна (экз/м ²)
	Lumbricidae	Enchytraeidae	Miriapoda	Insecta	
1	55,4	6,3	14,2	24,01	12,66
2	55,5	10,6	20,7	15,4	26
3	71,6	4,5	8,6	15,3	19,96
4	68,3	6,7	13,6	11,4	13,38
5	55,9	+	20,03	24	12,48
6	51,9	8,9	29,4	9,7	10,26
7	55,2	7,3	18,8	18,7	13,92
8	34,2	9,2	23,7	32,9	7,6
9	78,1	10,4	+	11,5	7,14
10	51,04	23,6	11,6	14,5	4,82

Примечание к таблице: 1- березняк вблизи завода «Силикатный» г. Кострома; 2 – смешанный лес «Берендеевка» в черте г. Костромы; 3 – агроценоз в черте г. Костромы; 4 – агроценоз в 10-ти км от г. Костромы; 5 – березняк в Красносельском районе; 6 – смешанный лес в Красносельском районе; 7 – смешанный лес в Антроповском районе; 8 – агроценоз а Антроповском районе; 9 – смешанный лес в Макарьевском районе; 10 – березняк в Макарьевском районе.

«+» – единичные экземпляры.

В фоновых биотопах дождевые черви (Lumbricidae) составили от 34,2 до 78,1 %. Субдоминанты – личинки и имаго насекомых (Insecta) составили до 32,9 %, энхитреиды (Enchytraeidae) – 9,2 – 23,6 %, многоножки (Miriapoda) до 23,6 % (от общего обилия педобионтов).

В городских биоценозах численное обилие дождевых червей составило 55,4– 71,6 %, многоножек 8,6 – 20,7 %, личинок и имаго насекомых 15,3 – 24 %, энхитреид 4,5– 10,6 %.

В слабонарушенных биоценозах, находящихся в окрестностях города Костромы дождевые черви составили от 51,6 до 68,9 % от общего обилия педобионтов, многоножки – 13,6 – 29,4 %, насекомые – 9,7 – 24 % и энхитреиды – 6,7 – 8,9 %.

В нарушенных биоценозах дождевые черви остаются супердоминантной группой, главным образом, за счет высокого процента любрицид в пределах биотопа, где постоянно ведется выращивание кормовых культур. В агроценозе также, наблюдался высокий процент и личинок насекомых (преимущественно Elateridae), которые составили 19,4 % от числа педобионтов в городских биоценозах и 4,6 % от числа педобионтов в данном биоценозе, так как они создают дополнительную кормовую базу для данной группы животных. Обилие личинок Elateridae отмечается и в тех биотопах, в почвах которых отмечено сравнительно большое содержание токсичных элементов, таких как мышьяк и свинец. Это, вероятно, обусловлено их большей устойчивостью к загрязнению в связи с малой проницаемостью покровов, а также с особенностью питания «отжатым» клеточным соком, содержащим значительно меньше тяжелых металлов, чем клеточные стенки растений.

Обилие энхитрид в биоценозах, подверженных антропогенным нагрузкам, составило 6,5 % от числа педобионтов в биоценозах, находящихся в черте города, и 13,9 % от числа педобионтов фоновых биоценозов.

В слабонарушенных биотопах, по сравнению с рекреационными, многоножки составили больший процент, число их возросло до 17,3% от общего числа педобионтов в этих биоценозах.

Таким образом, в городских и фоновых биоценозах абсолютными доминантами являются любрициды, составляющие 59,3% от общего числа обнаруженных нами представителей почвенной мезофауны. Субдоминантной группой, уступающей по численности, в городских биоценозах являются личинки и имаго насекомых (19,5 %), а в пригородных – многоножки (17,3 %). Это объясняется тем, что в нарушенных биогеоценозах подстилка большей частью маломощна и фрагментарна вследствие антропогенных нагрузок.

Наименьшее видовое разнообразие было отмечено в почвах березняка Макарьевского района. В данном биотопе выявлено 5 видов любрицид. Индекс разнообразия Симпсона в данном биоценозе составил 0,56 (рис. 1) В результате изучения основных физико-химических параметров почв было обнаружено, что здесь отмечается самое низкое из всех обследованных нами пробных площадей, содержание гумуса, которое составило 3,52±0,53 %, а влажность – 13,03±1,3 %.

В то же время, в черте города Костромы выявлено 10 видов дождевых червей. Наибольшее число видов выявлено в смешанном лесу (7 видов) и агроценозе (9 видов). В березняке вблизи завода, по сравнению с другими городскими биоценозами выявлено наименьшее число видов любрицид.

Такое разнообразие дождевых червей в агроценозе можно объяснить тем, что содержание гумуса в данном биотопе и влажность почв значительно выше

по сравнению с почвами в березняке. Химический анализ почв в данном биоценозе показал, что содержание гумуса составляет 7,09 %, а влажность 25,42 %. Тогда как, содержание гумуса в почвах березняка – 3,53±0,53 %, влажность – 10,2 %. При исследовании почв смешанного леса в пределах города Костромы, также выявлены достаточно высокие показатели влажности и содержание органического вещества в почве. Однако данный объект подвержен большим антропогенным нагрузкам рекреационной зоны и автодороги. В городских биогеоценозах, по сравнению со слабонарушенными, зарегистрированы более высокие показатели содержания в почве токсичных элементов таких как свинец, мышьяк, кадмий и ртуть (табл.3). Согласно результатам химического анализа, кислотность почв большинства городских биоценозов составляет от 5,6 до 6, что характерно для окультуривированных дерново-подзолистых почв.

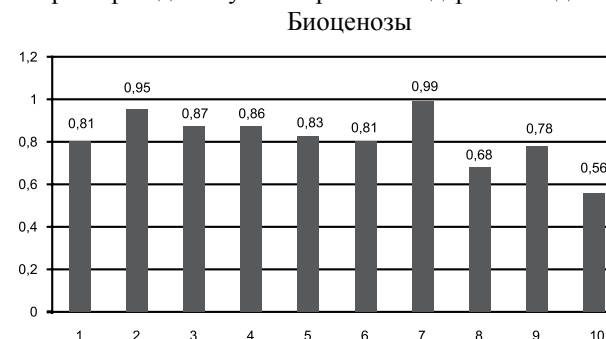


Рис. 1. Изменение индекса видового разнообразия Симпсона почвенной мезофауны в почвах исследованных биоценозов

Таблица 3

Содержание токсичных элементов (мг/кг) пробных площадей (X±m)

№ пробной площади	Свинец	Кадмий	Мышьяк	Ртуть
1	16,5±0,15***	0,29±0,0026***	3,05±0,12***	0,062±0,0124**
2	8,7±0,11***	0,11±0,001***	3,4±0,11***	0,0225±0,0045
3	17,3±0,22***	0,19±0,0017***	2±0,08***	0,0185±0,0037
4	14,2±0,18***	0,27±0,0024***	3,1±0,07***	0,057±0,0114***
5	56±0,71***	0,35±0,0032***	2,65±0,05***	0,333±0,0666***
6	12,7±0,12***	0,24±0,0021***	1,61±0,03***	0,078±0,015**

** – P≥0,99; *** - P≥0,999;

Примечание к таблице. Образец 1 – смешанный лес Макарьевского района, образец 2 – березняк Макарьевского района, образец 3 – березняк вблизи завода «Силикатный кирпич» город Кострома, образец 4 – агроценоз в 10-ти км от города Костромы, образец 5 – агроценоз в черте города Костромы, образец 6 – смешанный лес «Берендеевка».

При почвенно-зоологических исследованиях важным является выявление наличия тяжелых металлов в почве, так как многие из них накапливаются в подстилке, отрицательно влияя на жизнедеятельность почвенных организмов, осуществляющих ее разложение. Определение наличия свинца, кадмия, мышьяка и ртути, в почвах ряда пробных площадей показали, что содержание данных токсичных элементов находится в пределах чувствительности метода контроля (табл.3). Однако концентрация тяжелых металлов в почвах исследованных биогеоценозах сильно отличается. Так, максимальное содержание свинца и кадмия отмечается в почвах агроценоза, находящегося в пределах города Костромы. Содержание свинца в почвах данного биоценоза (таблица 6), составило $56 \pm 0,71$ мг/кг, а кадмия – $0,35 \pm 0,0032$ мг/кг. Данный факт связан, очевидно, с захоронением различных бытовых отходов в связи с отсутствием системы их утилизации на протяжении многих лет. В почвах березняка вблизи завода «Силикатный» и в агроценозе, находящегося в 10-ти километрах от города Костромы выявлено максимальное количество мышьяка, а в парке «Берендеевка» высокое содержание ртути, которое достигло концентрации $0,78 \pm 0,015$ мг/кг. В городских биоценозах подстилка наиболее подвержена антропогенному воздействию, к накоплению загрязняющих веществ, в частности, тяжелых металлов и виды, здесь обитающие, оказываются наиболее чувствительными. Поэтому в городских биоценозах выявляется небольшой процент подстилочных форм, достигший порядка 27,2 %.

В ходе исследований установлены достоверные различия по содержанию свинца, кадмия и мышьяка в почвах контрольных и городских биогеоценозов. Не выявлены достоверные различия по содержанию в почвах такого токсичного элемента как ртуть.

В результате проведенного корреляционного анализа установлено, что Lumbricidae проявляют корреляцию с такими параметрами почвы, как содержание органического вещества, кислотность, а также влажность почв (табл. 4).

Ведущими параметрами распределения энхитреид в почвах является ее влажность и содержание органического вещества. Однако в результате исследований по данной группе педомезобионтов не отмечено статистической достоверности коэффициента корреляции между числом энхитреид и рассмотренными параметрами почвы. Наибольшее число этой группы педобионтов обнаружены в биотопах, где влажность почвы составляет $25,78 \pm 2,78$ и $13,03 \pm 1,3$ процента соответственно. Рядом исследователей отмечается, что жизнедеятельность почвенной биоты, в частности численность энхитреид и Lumbricidae, подавляется при подкислении почвы, что обуславливает, таким образом, тормозящее действие на деструктивные процессы. Положительная корреляция по кислотности почвы нами выявлена только для Lumbricidae. Так, в смешанном лесу Макарьевского района зарегистрировано снижение численности дождевых червей. При химическом анализе почв данного биоценоза реакция pH составила 4,9.

В ходе исследований нами установлены достоверные различия по численности педомезобионтов и показателем содержания органического вещества в почве по всем изученным группам педобионтов, за исключением люмбрицид. Однако выявлены достоверные различия по данной группе почвенной мезофауны по показателю биомасса. Следовательно, биомасса люмбрицид является более важным показателем почвенных условий (табл.5).

Таблица 4

Коэффициенты корреляции ($r \pm m$) изменений численности педомезобионтов и почвенными параметрами

Группа педобионтов	Гумус	Влажность	pH
Lumbricidae	$0,48 \pm 0,07^{***}$	$0,344 \pm 0,09^{**}$	$0,47 \pm 0,0795^{***}$
Enchytraeidae	$0,173 \pm 0,099$	$0,06 \pm 0,01$	$-0,48 \pm 0,079^{***}$
Diplopoda	$0,316 \pm 0,092^{**}$	$0,415 \pm 0,085^{***}$	$-0,276 \pm 0,09$
Chilopoda	$-0,069 \pm 0,01^{***}$	$-0,4 \pm 0,069^{***}$	$0,198 \pm 0,004^{***}$
Insecta	$0,432 \pm 0,083^{***}$	$0,089 \pm 0,01^{***}$	$0,267 \pm 0,095^*$

* – $P \geq 0,95$; ** – $P \geq 0,99$; *** – $P \geq 0,999$.

Таблица 5

Коэффициенты корреляции между биомассой Lumbricidae и почвенными параметрами

Группа педобионтов	Гумус	Влажность	pH
	$r \pm m$	$r \pm m$	$r \pm m$
Lumbricidae	$0,532 \pm 0,073^{***}$	$0,29 \pm 0,093^*$	$0,77 \pm 0,04^{***}$

* – $P \geq 0,95$; ** – $P \geq 0,99$; *** – $P \geq 0,999$.

Распространение диплопод зависит от содержания гумуса, влажности и кислотности почвы. Губоногие многоножки, по результатам проведенного корреляционного анализа, проявляют связь только с кислотностью почвы, что обусловлено их образом жизни.

Установлено, что численность личинок насекомых увеличивается в слабонарушенных экосистемах. Так, в городских биоценозах личинки насекомых составили 9,85%, а в пригородных до 13,5% от общего числа обнаруженных педомезобионтов. В городских биоценозах основная масса личинок насекомых приурочена к биоценозам с развитым травянистым ярусом, где преобладают личинки щелкунов и двукрылых. Элатериды, по природе фитофаги, хорошо чувствуют себя в почвах, где есть достаточно развитая кормовая база, то есть большое количество корней и корневищ травянистых растений. Поэтому в биотопах 10 и 8 щелкуны встречаются редко, к тому же данные биоценозы сильно подвергаются вытаптыванию.

Жужелицы встречены как в личиночной, так и в имагинальной фазе и составили до 5,7% от всего комплекса почвенной биоты и до 24,5% от общего чис-

ла выявленных насекомых. Просматривается также положительная корреляция с показателями кислотности и содержания органического вещества в почвах.

Таким образом, широко распространенной группой педомезофауны исследованных биогеоценозов являются дождевые черви, распределение и численность которых в разных экосистемах преимущественно определяется почвенно-экологическими условиями, в том числе и физико-химическими свойствами почв.

3.3 Трофическая структура почвенной мезофауны Костромы и Костромского Заволжья

В почвах исследованных биогеоценозов Костромы и Костромского Заволжья среди почвенной мезофауны обнаружены представители всех типов пищевой специализации. Наиболее многочисленной группой являются сапрофаги, которые составили до 71 % от общего числа педобионтов (рис. 2).

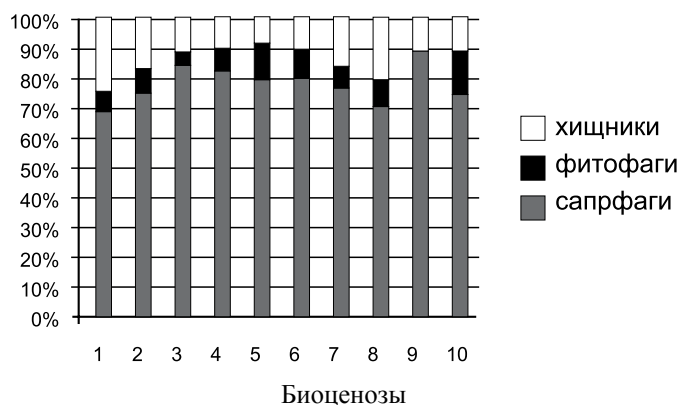


Рис.2. Соотношение трофических групп почвенной мезофауны в различных биогеоценозах

Среди Lumbricidae выявлены разные морфо-экологические группы, соотношение которых различно в городских и пригородных биоценозах (рис. 3).

Установлено, что в направлении пригородных экосистем доля подстилочных форм увеличивается с 27 % до 37,6 %. Это обусловлено тем, что мощность подстилки в данных биогеоценозах увеличивается и она меньше подвержена рекреационным нагрузкам. Почвенно-подстилочные формы более влаголюбивы, поэтому наибольшее их число установлено в тех биотопах, где влажность почв составила от $14,66 \pm 1,47$ до $26,76 \pm 2,68$ %, а это одни из высоких показателей среди обследованных почв. Собственно-почвенные формы люмбрицид также встречаются как в городских, так и в пригородных биогеоценозах, что, очевидно, связано с меньшим колебанием почвенных и климатических условий. Однако отмечена тенденция увеличения данной морфо-экологической группы в направлении фоновых биогеоценозов.

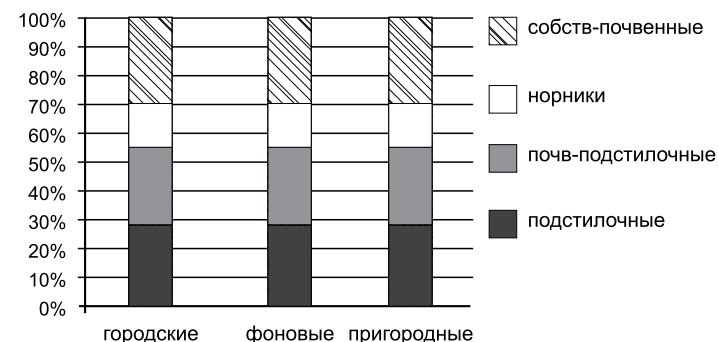


Рис. 3. Соотношение морфо-экологических групп люмбрицид в почвах исследованных биогеоценозах

Почвенно-подстилочные формы более влаголюбивы, поэтому наибольшее их число установлено в тех биотопах, где влажность почв составила от $14,66 \pm 1,47$ до $26,76 \pm 2,68$ %, а это одни из наиболее высоких показателей среди обследованных почв. Норники встречаются как в городских, так и в пригородных биоценозах, предпочитая хорошо дренированные почвы, однако в городских биоценозах они составляют порядка 13,6%. Собственно-почвенные формы люмбрицид также встречаются как в городских, так и в пригородных биогеоценозах, что, очевидно, связано с меньшим колебанием почвенных и климатических условий. Однако отмечена тенденция увеличения данной морфо-экологической группы в направлении фоновых биогеоценозов. Так, собственно-почвенных форм, в городских биотопах выявлено до 30 %, в пригородных – до 33%, а в фоновых – до 39 % от общего числа выявленных представителей семейства Lumbricidae.

В почвах исследованных биоценозов фитофаги составили от 7,1 до 14,5 % от общего числа педомезобионтов. Их доля возрастает в тех биогеоценозах, где хорошо развит напочвенный травяной покров.

Из данных представленных на рисунке 2 выявлено, что во всех исследуемых биоценозов хищники не являются доминирующей группой. Однако в городских биотопах максимальная их доля отмечается в санитарной зоне завода, где хищники составили 24,8% от числа педобионтов. В большинстве исследованных пригородных биоценозах хищники составили от 8,8 до 21 %, что обусловлено, вероятно, увеличением доли органического вещества, а также снижением антропогенной нагрузки.

Соотношение численности сапрофагов и хищников может служить индикатором нарушенности экосистемы, в ненарушенном биоценозе доля сапрофагов достигает до 60–70 % от суммарной численности хищников и сапрофагов (Гиляров, 1975). Нами выявлено, что в городских и фоновых биоценозах доминирующей группой являются сапрофаги, которые составили от 81,9 % до 88,9 % от суммарного числа хищников и сапрофагов. Однако на долю хищников в нарушенных биоценозах приходится 18,1 %, а в фоновых зоофаги составили только 16 %.

Таким образом, в зависимости от почвенно-растительных условий меняется соотношение морфо-экологических групп педобионтов. Учитывая, что сапрофаги тесно связаны с показателями состава и обилия подстилки как объекта питания, они одни из первых реагируют на антропогенные воздействия. Снижение доли сапрофагов может служить показателем нарушенности экосистемы. Периодическое же нарушение и уничтожение растительного покрова в первую очередь сказывается на фитофагах.

3.3. Сезонная динамика люмбрицид

При изучении сезонной динамики люмбрицид отмечен тот факт, что изменения числа особей данной группы сопряжены с сезонными колебаниями гидротермических условий и динамикой поступления и разложения органики в почвенных экосистемах. Среднее изменение численности за весь период исследования основных групп педобионтов в течение вегетационного периода представлено на рисунке 4 на примере смешанного леса.



Рис. 4. Сезонное соотношение численности почвенной мезофауны

При изучении сезонной динамики других групп почвенной мезофауны наблюдалось два пика активности – в конце мая – начале июня и в конце августа.

Нами выявлены особенности сезонных миграций дождевых червей в различных биогеоценозах. Так, в ходе исследования установлено, что в почвах смешанного леса сезонные колебания данной группы педобионтов более сглажены, чем в березняке или агроценозе. Однако и здесь при длительном отсутствии дождей наблюдался уход червей в более глубокие слои почв. Изменение числа люмбрицид в разные периоды вегетационного сезона в березняке и смешанном лесу представлено на рисунке 5.

В течение сезона происходит перераспределение численности почвенных беспозвоночных между подстилкой и собственно почвой. В частности, наблюдаются сезонные вертикальные миграции дождевых червей, энхитреид и личинок насекомых. Исследования показали, что весеннее прогревание почвы, а также поступление растительных остатков с помощью почвенной биоты приводит к смещению вглубь почвы зоны активности сапрофагов. Так, в мае в слое почвы

от 10 до 25 см их доля составила 46 – 50 %, а в июле уже 70 – 96,7 % от общего числа педобионтов. Фитофаги также мигрируют вниз по почвенному профилю. Доля зоофагов в этот период увеличивается в верхних горизонтах почвы.

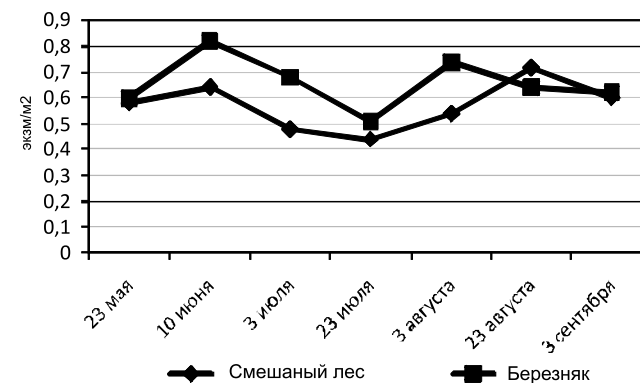


Рис. 5. Сезонное соотношение численности дождевых червей в различных биотопах

Значительную долю в трофической структуре подстилки и верхнем почвенном горизонте составляли сапрофаги и в августе, что обусловлено снижением температуры и новым поступлением органического вещества. Зоофаги в этот период перемещались вглубь почвы, что очевидно связано с подготовкой к холодному периоду.

Таким образом, установлено, что миграция люмбрицид обеспечивает пребывание их в более благоприятных условиях, при которых они могут активно функционировать в течение всего вегетационного периода. Максимальная активность основных групп почвенной мезофауны отмечается во время наиболее благоприятного соотношения между температурными условиями и влажностью.

Глава 4. ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ КОМПЛЕКСОВ ПОЧВЕННОЙ МЕЗОФАУНЫ

В последнее время получили распространение сравнительные исследования сообществ с использованием разных показателей обилия отдельных представителей почвенных беспозвоночных. Большинство методов основано на определении индексов общности (сходства) педофауны сравниваемых биогеоценозов. Сравнение экологических условий местообитаний позволяет определить те ведущие факторы почвенной среды, от которых зависит степень общности почвенного населения (Гиляров, 1965).

Используемый нами подход при сравнении различных почвенных экосистем основан на предположении о том, что почва как объект определяется совокупностью факторов, в качестве которых наряду с физико-химическими

свойствами, такими как состав элементов, сложение, плотность, выступают биологические компоненты.

В ходе проведенных исследований выявлено, что наиболее полно почвенные параметры может охарактеризовать группа дождевых червей. Это подтверждается их количественным обилием и высокой степенью доминирования (от 34 до 78 %), а также взаимосвязью с основными почвенными параметрами и разнообразием морфо-экологических форм, приспособленных к обитанию в различных горизонтах почвы.

На основе коэффициента Жаккара по методу Маунтфорда проведен кластерный анализ, в результате которого нами построена дендрограмма сходства почв исследованных биогеоценозов по видовому составу дождевых червей.

В результате исследования выявлено разделение общей совокупности пробных площадей на две группы. Первую группу составляют почвы биоценозов, большинство которых значительно удалены от города Костромы и отличались относительно слабой нарушенностью подстилки. Анализ почв данных биотопов показал высокие показатели влажности и долю органического вещества. Вторая группа представлена почвами пробных площадей, находящихся в черте города, где также отмечены благоприятные условия для распространения люмбрицид. Однако зарегистрировано и значительное содержание в почвах свинца, кадмия и мышьяка.

Показательным в отношении степени нарушенности экосистем является и коэффициент доминирования Симпсона. Максимальные показатели доминирования среди исследованных городских биогеоценозов характерны для агроценоза, где коэффициент доминирования составил 0,624. Из пригородных же биотопов наибольшее значение данного показателя характерно только для смешанного леса, находящегося в Макарьевском районе, что обусловлено, вероятно, физико-химическими параметрами почвы.

Таким образом, распределение комплексов почвенных беспозвоночных тесно связано с физико-химическими свойствами почв, среди которых ведущими является влажность, тип почв и массовая доля органического вещества. Этим обусловлено использование зоологических параметров почв в качестве дополнительного критерия при установлении сходства почвенных экосистем.

ВЫВОДЫ

1. В почвах города Костромы и Костромского Заволжья обнаружено 11 видов семейства Lumbricidae, являющиеся наиболее представительной группой педомезобионтов, видовой состав которых в исследованных биогеоценозах различен, что обусловлено специфичностью экологических факторов.

2. Выявлена положительная корреляция характеристик зооценоза с влажностью, почвенным рН и содержанием гумуса. Установлено, что биоразнообразие и количественная представленность почвенной мезофауны определяется и степенью нарушенности экосистем.

3. Соотношение морфо-экологических групп люмбрицид различно в городских и пригородных биоценозах. Установлено изменение соотношения морфо-экологических групп и сокращение доли сапрофагов в трофической структуре городских биогеоценозов.

4. Сезонные колебания гидротермических параметров почвы определяют активность и сезонные вертикальные миграции педомезобионтов, а также динамику соотношения трофических групп в течение вегетационного периода.

5. Зоологические характеристики почв в совокупности с корреляционной взаимосвязью, могут служить дополнительным критерием при установлении сходства и состояния почв различных наземных экосистем.

Список работ, опубликованных по теме диссертации В рецензируемых журналах:

1. **Соколова Т.Л.** Влияние антропогенного фактора на видовое разнообразие дождевых червей (Oligochaeta, Lumbricidae) // Вестник Костромского государственного университета имени Н.А. Некрасова. Кострома: КГУ им. Н.А. Некрасова, 2006. №4. С. 19 – 21.

2. **Соколова Т.Л.** Влияние антропогенного фактора на численность и биоразнообразие почвенной мезофауны городских и фоновых биоценозов // Вестник Костромского государственного университета имени Н.А. Некрасова. Кострома: КГУ им. Н.А. Некрасова, 2006. №7. С. 16 – 18.

3. **Соколова Т.Л.** Соотношение трофических групп почвенной мезофауны как показатель состояния почв // Вестник Московского государственного областного университета. – М., 2009. №3. С. 57-59.

В сборниках научных трудов и вестниках вузов:

4. **Соколова Т.Л.** Численность и биоразнообразие почвенной мезофауны в различных биоценозах // «Актуальные проблемы науки в агропромышленном комплексе» Материалы 58-й межвузовской научно-практической конференции. Кострома: изд-во КГСХА, 2007. С. 172 – 173.

5. **Соколова Т.Л.** Влияние физико-химических параметров почвы на численность и биоразнообразие почвенной мезофауны // «Актуальные проблемы науки в агропромышленном комплексе» Материалы 59-й межвузовской научно-практической конференции. Кострома: изд-во КГСХА, 2008. С. 73 - 75.

6. **Соколова Т.Л.** Почвенная мезофауна как объект рекреационных нагрузок // «Materialy IV mezinarnodni vedecko – prakticka conference «Efektivni nastroje modernich – ved - 2008». Praha: Publishing House «Education and Science» s. r. o., 2008. С.27 – 30.

7. **Соколова Т.Л.** Влияние физико-химических свойств почв на биоразнообразие и численность дождевых червей // Вестник Костромского государственного университета имени Н.А. Некрасова. Кострома: КГУ им. Н.А. Некрасова, 2008. №2. С. 20 – 21.

СОКОЛОВА ТАТЬЯНА ЛЕОНИДОВНА

**БИОИНДИКАЦИОННАЯ РОЛЬ ЛЮМБРИЦИД
ПРИ ОЦЕНКЕ ПОЧВ ГОРОДА КОСТРОМЫ
И КОСТРОМСКОГО ЗАВОЛЖЬЯ**

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание учёной степени
кандидата биологических наук

Подписано в печать: 01.08.2011 г. Формат 60х90 1/16 .
Бумага офсетная. Усл.п.л. 1,0. Тираж 100 экз.

Отпечатано:

Студия оперативной полиграфии «Авантитул»
156013, г. Кострома, пр-т Мира, 51. Тел.: (4942) 55-28-62