

Муниципальное казенное общеобразовательное учреждение  
«Новокулинская средняя общеобразовательная школа №1»  
Новолакского района Республики Дагестан

**« Оценка экологического состояния почвенного  
покрова лесных биоценозов методом биоиндикации »**

Номинация «Зоология и экология  
беспозвоночных животных»

Автор: Шамхалов Омар Магомедович, 11 класс.  
Руководитель: Махмудова Тагират Магомедовна, учитель биологии,  
МКОУ « Новокулинская СОШ №1 »

## Оглавление:

Введение.....	3
Методика исследования.....	4
1. Структура животного населения почвы и факторы его разнообразия.....	4
2. Основные эколого-биологические характеристики беспозвоночных животных, используемых в качестве биоиндикатора экологического состояния территории .....	6
3. Таксономические группы почвенной фауны , используемые в экологическом мониторинге почв. ....	8
4. Биоиндикация с помощью животных, обитающих в почве.....	11
5. Требования, определяющие условия применения данной работы.....	12
6. Показатель видового биоразнообразия.....	14
Результаты исследования.....	16
Выводы .....	21
Заключение.....	22
Список использованной литературы.....	23
Приложение.....	24

## Введение

Проблема сохранения окружающей среды в настоящее время концентрирует на себе внимание исследователей всего мира. В связи с усилением антропогенной нагрузки, испытываемой природными комплексами, становится необходимой разработка и апробация методик, позволяющих оценивать экологическое состояние природно-антропогенных сред. Поэтому проблема развития различных мониторинговых подходов в системе экологического контроля сегодня очень актуальна.

Не всегда есть возможность проводить комплексные научные исследования, требующие больших материальных затрат и специального оборудования. В таких случаях можно использовать методы биоиндикации, биомониторинга, получивших в последнее время широкое признание и распространённость.

В центре внимания нашего исследования – оценка качества почвы в районе, испытывающем сильное антропогенное влияние, с помощью биоиндикаторов и обеспечение объективной оценки экологических условий среды обитания биологических объектов.

Целью работы стала оценка качества окружающей среды методом биоиндикации почвы с помощью беспозвоночных животных, обитающих в почве.

Задачи исследования:

- 1) Установить численный и видовой состав почвенных беспозвоночных на контрольной и исследуемой территории.
- 2) Рассчитать относительный показатель изменения видового биоразнообразия.
- 3) По расчетным данным дать оценку экологического состояния почвенного покрова на исследуемой территории.

Практическая значимость: развитие экологического мониторинга на основе биоиндикации в перспективе выработать рациональную экологическую политику для улучшения сельской среды по всем ее компонентам.

Новизна: впервые применен метод биоиндикации в оценке экологического состояния почвы села Новокули. Данные, которые были получены по окончании исследовательской работы, являются новыми, нигде ранее не зафиксированным

## 1. Структура животного населения почвы и факторы его разнообразия

Почва, как среда обитания животных разительно отличается от остальных сред обитания (воды, воздуха). Очевидно, что именно в почве наблюдается огромное сопротивление среды. Естественно, что быстрое движение там возможно лишь в пустотах, трещинах и ранее прорытых ходах. Бывает так, что животным приходится прорывать ход, отгребая землю назад или пропуская через себя. Скорость движения при этом будет минимальной. Для того чтобы жить, нужно дышать. Но в почве совершенно другие условия дыхания, нежели в воде или в воздухе. Входящие в состав почвы твердые частицы занимают только половину всего объема почвы. Всё остальное – вода и воздух. Значительная часть объема почвы – промежутки между твердыми частицами. Эти поры заполнены либо воздухом (в сухих почвах), либо водой (в почве насыщенной влагой). Как правило, вода покрывает тонкой пленкой все почвенные частицы; остальное пространство насыщено водяными парами. Именно благодаря такому строению среды в ней живут многочисленные животные, дышащие через кожу. В воздушной среде такие животные довольно быстро погибают от пересыхания кожных покровов. Еще в почве живут сотни видов пресноводных организмов, по большей части микроскопических (низшие черви, простейшие), населяющие реки, пруды и болота. Эти существа двигаются в почвенной воде. Если почва высыхает, эти животные выделяют защитную оболочку и как бы засыпают, впадают в состояние анабиоза. Среди почвенных животных встречаются и хищники, и такие, которые питаются частями живых растений, главным образом корнями. Есть в почве и потребители разлагающихся растительных и животных остатков; возможно, в их питании немалую роль играют и бактерии. Свою пищу, почвенные животные находят либо в самой почве, либо на ее поверхности. Жизнедеятельность многих из них очень полезна. Особенно полезны дождевые черви. Они затаскивают в свои норы огромное количество растительных остатков, что способствует образованию перегноя и возвращает в почву вещества, извлеченные из нее корнями растений. В лесных почвах беспозвоночные, особенно дождевые черви, перерабатывают более половины всех

опавших листьев. За год на каждом гектаре они выбрасывают на поверхность до 25-30 т переработанной земли, создавая тем самым хорошую, структурную почву. Если распределить эту землю равномерно по всей поверхности гектара, то получится слой в 0,5- 0,8 см. Поэтому дождевых червей справедливо считают важнейшими образователями почвы. В почве «работают» не только дождевые черви, но и их ближайšie родственники - более мелкие кольчатые черви (энхитреиды, или горшечные черви), а также некоторые виды микроскопических круглых червей (нематоды), мелкие клещи, различные насекомые, особенно их личинки, мокрицы, многоножки и даже улитки. Влияет на почву и чисто механическая работа многих живущих в ней животных. Они прокладывают ходы, перемешивают и разрыхляют почву, роют норы. Все это увеличивает количество пустот в почве и облегчает проникновение в ее глубину воздуха и воды. В такой «работе» участвуют не только сравнительно мелкие беспозвоночные животные, но и многие млекопитающие. В почве обитает немало хищников. Хищники имеются почти среди всех групп беспозвоночных, живущих в почве. Крупные инфузории питаются не только бактериями, но и простейшими животными, например жгутиковыми. Сами инфузории служат кормом для некоторых круглых червей. Хищные клещики нападают на других клещей и мельчайших насекомых. Тонкие, длинные, бледно-окрашенные многоножки - геофилы, живущие в трещинах почвы, а также более крупные темно окрашенные косянки и сколопендры, держащиеся под камнями, в пнях, тоже хищники. Они питаются насекомыми и их личинками, червями и другими мелкими животными. К хищникам относятся пауки и близкие к ним сенокосцы. Многие из них обитают на поверхности почвы, в подстилке или под лежащими на земле предметами. В почве живет много хищных насекомых. Это жуужелицы и их личинки, играющие немалую роль в истреблении насекомых-вредителей, многие муравьи, особенно более крупные виды, истребляющие большое количество вредных гусениц, и, наконец, знаменитые муравьиные львы, названные так потому, что их личинки охотятся за муравьями.

По степени связи с почвой различают три основные группы животных:

- геобионты - проводящие в почве всю жизнь: дождевые черви, некоторые виды

многоножек, ногохвосток и другие;

- геофилы - у которых какая-то часть цикла развития обязательно проходит в почве: жужелицы, хрущи, комары-долгоножки и другие;

- геоксены - случайные обитатели почвы, использующие почву лишь в качестве временного убежища или укрытия: развивающиеся вне почвы пауки, вредная черепашка и другие.

Во всех наземных экосистемах подавляющее большинство беспозвоночных (как по количеству видов, так и по числу особей) являются обитателями почвы или близко связаны с почвой в определенный период своего жизненного цикла.

## 2. Основные эколого-биологические характеристики беспозвоночных животных, используемых в качестве биоиндикатора экологического состояния территорий

В наземных экосистемах во всех районах Земли обитателями почвы являются 50-99% всех видов животных и на их долю приходится 60-90% наземной зоомассы. Число особей на единицу площади у некоторых групп достигает фантастических величин (до 1 млн. клещей, ногохвосток на 1 кв. м в лесных и луговых почвах). Для микроскопических организмов средой обитания оказывается не вся почва, а система микрокапель, капилляров, гравитационной воды, скопления влаги на твердых частицах и между частицами. Когда в почве имеется капиллярная и гравитационная вода, простейшие и коловратки плавают в ней. Животные сохраняют жизнеспособность даже в пленочной воде, находясь в неподвижном состоянии, но не прекращая питания микроорганизмами, детритом, оказавшимися в тех же водяных пленках. Обитатели пленочной воды почв входят также в состав фауны грунтов пресноводных водоемов. Хотя в почве распределение влаги неравномерное, «прерывистое», но общая поверхность различных форм воды столь велика, что ее можно считать специфическим водоемом, а микроскопических обитателей - физиологически водной экологической группой. Существенное значение для этих организмов имеют особенности почвенной влаги: реакция (рН), химический и газовый состав, наличие почвенных коллоидов, состав водорастворимых солей, особенности органического вещества и порового пространства. Для мелких членистоногих, называемых микроартроподами, среда обитания – это система ходов и полостей между частицами почвы и их агрегатами,

почвенные трещины, ходы более крупных животных и корней, заполненные влажным воздухом. Условия жизни в почве этой группы животных М.С.Гиляров сравнивает с обитанием в насыщенных влагой пещерах. Передвижение обитателей таких пустот не отличается от передвижения по поверхности твердого субстрата. Они могут переживать периоды затопления почвы в отдельных пузырьках воздуха. Все сказанное позволяет считать их физиологически строго наземной экологической группой. Наибольшее значение для этой категории имеют степень порозности и влажности среды, характер распределения органических остатков и гумуса и температурный режим. Для крупных животных - беспозвоночных и позвоночных - почва представляет среду обитания в целом. Она выступает как рыхлый или плотный и даже твердый субстрат. Движение в плотных слоях почвы встречает большое сопротивление. Передвижение возможно либо по естественным скважинам для животных с тонким змеевидным телом, либо раздвигая частицы почвы, либо копая и прогрызая ходы. При этом животные всегда испытывают механическое воздействие ее твердой фазы и химические воздействия почвенного раствора через покровы, особенно в периоды переувлажнения или затопления почвы. Для крупных почвенных животных имеет значение вся совокупность свойств почвы как единого природного тела.

Почва - это слой наземных биогеоценозов, где происходит разложение, минерализация и гумификация органического вещества. В ней встречаются все стадии разложения животных и растительных остатков: опавшие листья и начинающие гнить листья и корни растений, микроорганизмов. Все это резко расширяет спектр пищевых ресурсов видов и создает возможность одновременного сосуществования в почве животных с различными пищевыми предпочтениями. Широта условий жизни в почве делает ее средой, переходной между водной и наземной. Животные заселили подстилку и минеральные горизонты почвы благодаря специальным адаптациям к различным ее фазам. Расхождение в образе жизни различных размерных групп привело к формированию различных экологических групп - от физиологически водных до строго наземных. Разнообразие источников пищи также обусловило высокий уровень численности, разнообразие видов и экологических групп.

Значение почвы в эволюции животного мира заключается в том, что почва рассматривается как среда, через которую животные могли перейти от водного образа жизни к наземному.

Не менее значительным фактором, определяющим видовое богатство почвенной фауны и огромной ее биомассы по сравнению с обитателями других ярусов биогеоценозов, считается то, что животные используют дополнительный резерв белка - из микроорганизмов почвы, а не только от высшей растительности. И здесь не столь важны общие запасы органического вещества, сколько большие ресурсы доступного белка.

### 3. Таксономические группы почвенной фауны, используемые в экологическом мониторинге почв.

Дождевые черви (*Lumbricus terrestris*).

Относятся к кольчатым малощетинковым червям – олигохетам. Распространение дождевых червей связано с климатическими факторами и типом почв. Важным условием жизни является влажность, при засухе обычно черви погибают в массовом количестве. Ранние заморозки тоже вызывают их гибель. Плохо они переносят и высокие температуры. Наименьшая численность дождевых червей отмечается при наличии высоких концентраций загрязняющих веществ в почве, особенно тех, которые уменьшают кислотность почвы. Это связано с высокой чувствительностью дождевых червей к кислой реакции почвенного раствора. Дождевые черви, обитающие в верхних слоях почвы, подвергаются воздействию токсикантов и характеризуют первые стадии загрязнения почв, они очень четко реагируют на природные и антропогенные изменения. Поэтому дождевые черви являются прекрасными индикаторами загрязнения почв при незначительных концентрациях загрязнителя, что очень важно для своевременного принятия мер по устранению причин загрязнения.

Моллюски Mollusca (мягкотелые).

Моллюски в почвенной биоте представлены брюхоногими или гастроподами. К ним относятся улитки и слизни. В своем большинстве моллюски – водные обитатели. К

наземному образу жизни приспособились так называемые легочные улитки – группа брюхоногих моллюсков, встречающихся от тундры до тропиков. В фауне России их насчитывается около 700 видов. Среди улиток есть устойчивые к дефициту влаги виды, населяющие южные районы. Особую группу наземных моллюсков составляют голые слизни. Их раковина нацело обрастает мантией и становится рудиментарной, а у некоторых исчезает полностью. Слизни живут в местах, где имеется достаточная влажность, поэтому они не встречаются в степях и пустынях. Вследствие чего их использование ограничивается территориями с постоянным увлажнением. Это является своего рода преимуществом моллюсков как биоиндикаторов, поскольку использование других видов беспозвоночных животных затруднено.

### Тип Членистоногие (Arthropoda)

#### Класс Многоножки (Myriapoda)

Наземные животные ведущие скрытый образ жизни, большую часть времени прячась в почвенных норках или под опавшими листьями. Среди них есть очень мелкие виды, всего 1,5-2 мм длиной, а самые крупные – геофилы и сколопендры – достигают размеров 10-15 см и могут быть отнесены к макрофауне почв.

#### Кивсяк обыкновенный (*Scyzophyllum sabulozum*)

С весны до поздней осени в лесной подстилке, почве, под камнями, под корой старых пней, на стволах деревьев и кустарников. Длинное червеобразное животное с маленькой головкой, на которой видны короткие усики. Тело состоит из большого числа члеников. Их которых передние несут по одной паре, а остальные – по две пары коротких членистых ножек. Питается растительной пищей: гниющими листьями, древесными частицами и т. п.

#### Геофил длинный (*Geophilus longicornis*)

Длинная, красновато - желтая многоножка с маленькой головкой без глаз и парой длинных нитевидных усиков. Хищник, питается мелкими насекомыми и червями.

### Костянка обыкновенная (*Lithobius forficatus*)

Или многоножка – камнелаз. Червеобразное коричневого цвета тело, состоящее из головы и ряда члеников. На голове находятся длинные, утончающиеся к концу усики; несколько выдаются за передний край головы ногочелюсти, это орган защиты и нападения; ими она схватывает добычу и выпускает в нее капельку ядовитой жидкости. На каждом членике тела по одной паре длинных ног. Пища: мелкие насекомые, черви, пауки, за которыми она охотится по ночам, прячась днем в укромных местах.

### Сколопендра кольчатая (*Scolopendra cingulata*)

До 10см в длину. Питается жуками и их личинками, пауками, прямокрылыми, иногда моллюсками. Добычу ловит ночью на поверхности почвы, днем в норах. На Северном Кавказе представлена самками, размножающимися партеногенетически. Самка в трещине почвы или норке откладывает яйца, обвивает их и «высиживает» несколько недель, в это время не питается. Развиваются без превращений. Молодые сколопендры отличаются от взрослых отсутствием пигмента, они белые.

### Класс ракообразные (*Crustacea*)

#### Мокрица погребная (*Oniscus asellus*)

Пищей мокрицам служат преимущественно разлагающиеся растительные вещества, хотя они могут питаться и нежными корешками молодых растений. Мокрицы (*Oniscoidea*) – равноногие ракообразные, единственная из жабродышащих групп, полностью перешедшая на сухопутный образ жизни. Известно около 1000 их видов. Распространены повсеместно – от тайги до пустынь. Предпочитают места с повышенной влажностью, что нашло отражение в их названии. Экологическое значение мокриц как биоиндикатора проявляется довольно широко (согласно ареалу обитания). В умеренной почвенно-климатической зоне России мокрицы, наряду с моллюсками, являются биоиндикаторами экологической обстановки в местах с достаточным увлажнением, где их большое количество и богатый видовой состав.

## Класс паукообразные (Arachnida)

В засушливых районах, в местах с изреженным травянистым покровом пауки нередко являются единственными беспозвоночными индикаторами техногенного загрязнения. Клещ Краснотелка (*Trombidium holosericeum*). Сравнительно крупный (до 3 мм длиной), яркокрасный, покрыт бархатистыми волосками. Ведет хищный образ жизни, нападая на различных насекомых.

## Класс насекомые (Insecta)

Чрезвычайно разнообразная группа. Почти 95% всех насекомых – во взрослом состоянии или в стадии личинок – живут в почвах. (Гиляров, 2011). Многие насекомые используют почву для построения своих гнезд.

Фотографии видов беспозвоночных животных, которые были нами определены, приведены в приложении.

### 4. Биоиндикация с помощью животных, обитающих в почве

Международная система экологического мониторинга, созданная на основе рекомендаций I Международной конференции ООН в Стокгольме в 1972 г. как средство оценки качества окружающей среды и ее изменений (Криволуцкий, 1994), рассматривает биоразнообразие как один из основных показателей функционирования биоты, в том числе и почвенной. В биоиндикации и экотоксикологии почв чаще оценивают структуру населения, биоразнообразие и состояние популяций крупных почвенных беспозвоночных, для которых средой обитания является почва как целое. С другой стороны, обитатели почвенных полостей и пор (панцирные клещи, рогахвостки, энхитреиды) и обитатели пленок почвенной влаги (нематоды, простейшие) оказываются, в ряде случаев, в большей степени зависимы от действия антропогенных факторов. Биоиндикация антропогенных факторов - это определение биологически и экологически значимых антропогенных нагрузок на основе реакций разных организмов и их сообществ. Почвенная фауна оказывается более чутким индикатором изменений, чем растения, обладающие значительной инерцией по отношению к ним. Использование почвенных беспозвоночных в качестве индикаторных видов оправдано и потому,

что наиболее чувствительные к антропогенному воздействию стадии их жизненного цикла проходят в почве: яйца, личинки, куколки. Животные, обитающие в верхнем слое почвы, благодаря тесной связи с ней и наличию ответной реакции на изменения среды обитания, представляют перспективный объект, позволяющий на разных стадиях антропогенной трансформации обнаружить отклонения в функционировании почвенного блока и природного комплекса.

Среди почвенных беспозвоночных по реакции на прямое либо опосредованное воздействие техногенного фактора выделены три группы:

1 - чувствительные, положительно реагирующие на умеренные дозы техногенного вещества (люмбрициды, немикроскопические энхитреиды, моллюски и диплоподы);

2 - чувствительные, испытывающие негативное влияние (литобиоморфные многоножки и герпетобионтные насекомые);

3 - индифферентные, не имеющие индикационного значения для данного типа загрязнения (большинство насекомых, развитие которых протекает в почве).

Изменения биоты наземных экосистем могут прослеживаться на двух уровнях – видовом или ценотическом, когда происходит сокращение биологического разнообразия за счет выпадения отдельных таксонов, и ландшафтном, когда под воздействием

антропогенных факторов наблюдается нивелирование различий между отдельными биогеоценозами или полная деградация некоторых из них. Вероятность проявления нежелательных последствий увеличивается адекватно росту степени воздействия, преломляясь через экологические параметры среды.

При равных условиях окружающей природной среды (климат, почва) различия в численности и видовом разнообразии почвенных животных, снижение их жизнеспособности

указывают на присутствие загрязняющих веществ в почвенно-поглощающем комплексе.

## 5. Требования, определяющие условия применения данной работы

а). Для оценки экологического состояния почвы не должны применяться сложные

приборы и устройства.

б). Методы биоиндикации применимы только в весенне-летний период. Это связано с увеличением жизненной активности животного мира в это время года.

в). Организмы-биоиндикаторы, используемые для оценки экологического состояния почв должны были отвечать следующим требованиям:

- биоиндикатор должен быть наиболее приспособлен к существованию в строго определенных условиях среды обитания (стенотопные виды), более редкие виды в биоценозах, как правило, являются лучшими индикаторами, нежели широко распространенные (эвриотопные виды);

- при работе был отдан приоритет более крупным видам биоценозов, так как они являются лучшими индикаторами по сравнению с мелкими, вследствие того, что скорость оборота последних в биоценозах, выше, и они могут не попасть в пробу в момент исследования;

- отдано предпочтение численному соотношению разных видов, так как оно более показательно, нежели численность одного вида (относительные оценки всегда предпочтительнее абсолютных);

- универсальность; чем в большем количестве различных почв распространен биоиндикатор, тем он более универсален;

Для проведения биоиндикации использовались следующие оборудование: штыковая лопата, пинцет, пленка полиэтиленовая, мешочки полиэтиленовые, нож, карандаши, блокнот, микрокалькулятор, фотоаппарат.

Пробы почвы взяты 25-29 мая 2018 года

Методика основывается на различной способности почвенных беспозвоночных животных жить в загрязненной почве, где они находят необходимые для жизни кислород и питательные вещества минерального и органического происхождения. Оценка экологического состояния почвы с помощью беспозвоночных животных осуществляется путем сравнения данных биоиндикации экспериментальной и контрольной (или эталонной) территорий. Такими территориями являются лесопарковые зоны, государственные заказники, заповедники. Основным определяющим фактором является отсутствие источников загрязнения окружающей среды.

В качестве контрольной зоны выбран участок леса в 10 км от села Новокули, который по нашему мнению не испытывает антропогенной нагрузки.

Исследуемые территории расположены в лесных биоценозах окрестностей села Новокули. Одна из них на опушке Хасавюртовского лесного хозяйства(№1), другая на территории лесополосы, в непосредственной близости от проселочной дороги(№2).

#### 6. Показатель видового биоразнообразия

По мере загрязнения почвы нефтепродуктами, тяжелыми металлами и другими веществами снижается показатель видового биоразнообразия.

Видовое биоразнообразие – наиболее часто используемый показатель, учитывающий два компонента – видовое разнообразие (количество видов, наблюдаемых в естественных условиях обитания на определенной площади или объеме) и количественное распределение организмов по видам. Количественное видовое разнообразие (ВР) характеризуется с помощью индексов. Наиболее широко используется индекс Симпсона.

При вычислении индексов используются численность организмов  $i$ -го вида ( $n_i$ ), найденных наблюдателем на площадке биоиндикации, и общая численность всех видов ( $N$ ) на площадке биоиндикации.

В данной работе индекс Симпсона рассчитывается по формуле:

$$D_i = 1 / (P_1^2 + \dots + P_i^2), \quad (1)$$

где -  $D_i$  - индекс Симпсона, рассчитанный для каждой площадки биоиндикации;

$P_1 \dots P_i$  - доля каждого вида в суммарном обилии, взятом за единицу.

$P_i$  рассчитывается следующим образом:

$$P_i = n_i / N \quad (2)$$

Где  $n_i$  - численность  $i$ -ого вида на площадке биоиндикации;

$N$  - общая численность всех видов на площадке биоиндикации.

Относительный показатель видового биоразнообразия на площадке биоиндикации исследуемой территории рассчитывается по формуле:

$$D = D_i / D_{\text{контр}} \cdot 100 \quad (3)$$

Для проведения данной оценки необязательно использовать данные по всей фауне, можно ограничиться анализом характерных групп видов, по которым имеется надежная информация.

Таблица 1

Критерии изменения экологического состояния почвенного покрова

Показатель	Параметр		
Относительное изменение видового биоразнообразия (индекс Симпсона $D_i$ )	Экологическое бедствие	Чрезвычайная ситуация	Удовлетворительная ситуация
	Менее 25	25-50	Более 50

Работа выявляет зоны экологических аномалий на местности с вероятной ошибкой не более 20 %. Величина погрешности гарантируется при соблюдении следующих норм биоиндикации:

- 1) количество площадок обследуемой местности биоиндикации не менее 5;
- 2) размер площадки биоиндикации почвенного покрова не менее 1 м<sup>2</sup>
- 3) размер почвенной прикопки: 0,50 x 0,50 м и на глубину 0,25-0,30 м.

Численный и видовой состав почвенных беспозвоночных животных на «условно чистой» (контрольной территории)

№ прикопки	Виды и количество биоиндикаторов					
	Дождевые черви	Моллюски	Многоножки	Паукообразные	Равноногие	Насекомые
1	9	20	4	2	5	10
2	8	16	3	3	5	11
3	8	18	5	2	4	12
4	7	15	3	1	3	8
5	6	17	4	3	3	7

Расчет показателя видового биоразнообразия (индекса Симпсона) для контрольной территории представлен в таблице 3. Расчет проведен по формуле (1), используя экспериментальный материал таблицы 2.

Таблица 3

Показатель видового биоразнообразия для контрольной территории

Вид биоиндикатора	Доля вида в суммарном обилии $P_i$				
	Площадка № 1	№2	№3	№4	№5
Дождевые Черви, P1	$9/50 = 0,18$	$8/46=0,17$	$7/37=0,19$	$8/49=0,16$	$6/40=0,15$
Моллюски, P2	$20/50 = 0,4$	$16/46=0,35$	$18/49=0,37$	$15/37=0,41$	$17/40=0,43$
Многоножки, P3	$4/50 = 0,08$	$3/46=0,07$	$5/49=0,10$	$3/37=0,08$	$4/40=0,10$
Паукообразные, P4	$2/50 = 0,04$	$3/46=0,07$	$2/49=0,04$	$1/37=0,03$	$3/40=0,08$
Равноногие, P5	$5/50 = 0,10$	$5/46=0,11$	$4/49=0,08$	$3/37=0,08$	$3/40=0,08$
Насекомые, P6	$10/50 = 0,20$	$11/46=0,24$	$12/49=0,24$	$8/37=0,22$	$7/40=0,18$
Индекс Симпсона, $D_i$	4,02	4,33	4,20	3,76	3,81

Подставив найденные значения доли каждого вида в суммарном обилии  $P_i$  в формулу (1) получим индекс Симпсона для каждой площадки контрольной территории:

$$D1=1/0,18^2+0,4^2+0,08^2+0,04^2+0,10^2+0,20^2=1/0,0324+0,16+0,0064+0,01+0,04=4,02$$

$$D2=1/0,17^2+0,35^2+0,07^2+0,07^2+0,11^2+0,24^2=1/0,0289+0,1225+0,0049+0,0049+0,0121+0,0576=4,33$$

$$D3=1/0,16^2+0,37^2+0,10^2+0,04^2+0,08^2+0,24^2=1/0,0256+0,1369+0,01+0,0016+0,0064+0,0576=4,20$$

$$D4=1/0,19^2+0,41^2+0,08^2+0,03^2+0,08^2+0,22^2=1/0,0361+0,1681+0,0064+0,0009+0,0064+0,0484=3,76$$

$$D5=0,15^2+0,43^2+0,10^2+0,08^2+0,08^2+0,18^2=0,0225+0,1849+0,01+0,0064+0,0064+0,0324=3,81$$

Расчет усредненного показателя изменения видового биоразнообразия биоиндикторов на контрольной территории проводим по формуле

$$D_{\text{контр}} = \sum D_i / b, \text{ где } b - \text{ количество площадок биоиндикации}$$

$$D_{\text{контр}} = (4,02+4,33+4,20+3,76+3,81)/5=4,02$$

Таблица 4

Численный и видовой состав почвенных беспозвоночных животных на исследуемой территории №1

№ прикопки	Виды и количество биоиндикторов					
	Дождевые черви	Моллюски	Многоножки	Паукообразные	Равноногие	Насекомые
1	9	9	2	0	4	6
2	7	11	2	1	5	11
3	5	14	0	3	1	7
4	4	10	3	2	0	4
5	4	9	1	1	1	3

Расчет показателя видового биоразнообразия (индекса Симпсона) для исследуемой

территории №1 представлен в таблице 5. Расчет проведен по формуле (1), используя экспериментальный материал таблицы 4.

Таблица 5  
Показатель видового биоразнообразия для территории №1

Вид биоиндикатора	Доля вида в суммарном обилии $P_i$				
	Площадка № 1	№2	№3	№4	№5
Дождевые Черви, P1	$9/30 = 0,30$	$7/29=0,24$	$5/32=0,16$	$4/23=0,17$	$4/22=0,18$
Моллюски, P1	$9/30 = 0,30$	$11/29=0,38$	$14/32=0,44$	$10/23=0,43$	$9/22=0,41$
Многоножки, P3	$2/30 = 0,07$	$2/29=0,07$	$0/32=0,0$	$3/23=0,13$	$4/22=0,18$
Паукообразные, P4	$0/30 = 0$	$1/29=0,03$	$3/32=0,09$	$2/23=0,09$	$1/22=0,05$
Равноногие, P5	$4/30 = 0,13$	$3/29=0,10$	$1/32=0,03$	$0/23=0,0$	$1/22=0,05$
Насекомые, P6	$6/30 = 0,20$	$5/29=0,17$	$7/32=0,22$	$4/23=0,17$	$3/22=0,14$
Индекс Симпсона, $D_i$	4,14	3,88	3,62	3,53	3,88

Подставив найденные значения доли каждого вида в суммарном обилии  $P_i$  в формулу (1) получаем индекс Симпсона для каждой площадки исследуемой территории:

$$D1=1/0,30^2+0,30^2+0,07^2+0,0^2+0,13^2+0,20^2=1/0,09+0,09+0,0049+0,0+0,0169+0,04=4,01$$

$$D2=1/0,24^2+0,38^2+0,07^2+0,03^2+0,10^2+0,17^2=1/0,0576+0,1444+0,0049+0,0009+0,01+0,0289=3,88$$

$$D3=1/0,16^2+0,44^2+0,0^2+0,09^2+0,03^2+0,22^2=1/0,0256+0,1936+0,0+0,0081+0,0009+0,0484=3,62$$

$$D4=1/0,16^2+0,44^2+0,0^2+0,09^2+0,03^2+0,22^2=1/0,0256++0,1936+0,0+0,0081+0,0009+0,0064+0,0484=3,53$$

$$D5=0,18^2+0,41^2+0,18^2+0,05^2+0,05^2+0,14^2=1/0,0324+0,1681+0,0324+0,0025+0,0025+0,0196=3,88$$

Расчет усредненного показателя изменения видового биоразнообразия биоиндикаторов на исследуемой территории №1 проводим по формуле

$D_i = \sum D_i / b$ , где b- количество площадок биоиндикации

$$D_i = (4,01 + 3,88 + 3,62 + 3,53 + 3,88) / 5 = 3,78$$

Относительный показатель видового биоразнообразия на площадке биоиндикации исследуемой территории №1 рассчитываем по формуле

$$D_i = 3,78 / 4,02 \cdot 100\% = 94,0 \%$$

Таблица 6

Численный и видовой состав почвенных беспозвоночных животных на исследуемой территории №2

№ прикопки	Виды и количество биоиндикаторов					
	Дождевые черви	Моллюски	Многоножки	Паукообразные	Равноногие	Насекомые
1	5	7	0	1	1	4
2	6	6	0	1	0	5
3	3	10	0	0	1	5
4	2	6	2	2	0	3
5	4	5	4	1	1	3

Расчет показателя видового биоразнообразия (индекса Симпсона) для исследуемой территории №2 представлен в таблице 7. Расчет проведен по формуле (1), используя экспериментальный материал таблицы 6

Таблица 7

Показатель видового биоразнообразия для территории №1

Вид биоиндикатора	Доля вида в суммарном обилии $P_i$				
	Площадка № 1	№2	№3	№4	№5
Дождевые Черви, P1	$5/19 = 0,26$	$6/18 = 0,33$	$3/19 = 0,16$	$2/15 = 0,13$	$4/17 = 0,24$
Моллюски, P1	$7/19 = 0,37$	$6/18 = 0,33$	$10/19 = 0,53$	$6/15 = 0,40$	$5/17 = 0,29$
Многоножки, P3	$0/19 = 0,0$	$0/18 = 0,0$	$0/19 = 0,0$	$2/15 = 0,13$	$4/17 = 0,24$
Паукообразные, P4	$1/19 = 0,05$	$1/18 = 0,06$	$0/19 = 0,0$	$2/15 = 0,13$	$1/17 = 0,06$

Равноногие, P5	$1/19 = 0,05$	$0/18=0,0$	$1/19=0,05$	$0/15=0,0$	$1/17=0,06$
Насекомые, P6	$4/19 = 0,21$	$5/18=0,28$	$5/19=0,26$	$3/15=0,20$	$3/17=0,18$
Индекс Симпсона, Di	3,91	3,29	2,61	1,41	4,33

Подставив найденные значения доли каждого вида в суммарном обилии  $P_i$  в формулу (1) получим индекс Симпсона для каждой площадки исследуемой территории:

$$D1 = 1/0,26^2 + 0,37^2 + 0,02 + 0,05^2 + 0,05^2 + 0,21^2 = 1/0,07 + 0,14 + 0,0 + 0,003 + 0,003 + 0,04 = 3,91$$

$$D2 = 1/0,33^2 + 0,33^2 + 0,02 + 0,06^2 + 0,02 + 0,28^2 = 1/0,11 + 0,11 + 0,0 + 0,004 + 0,0 + 0,08 = 3,29$$

$$D3 = 1/0,16^2 + 0,53^2 + 0,02 + 0,00^2 + 0,05^2 + 0,26^2 = 1/0,03 + 0,28 + 0,0 + 0,0 + 0,003 + 0,07 = 2,61$$

$$D4 = 1/0,13^2 + 0,42 + 0,13^2 + 0,13^2 + 0,02 + 0,2^2 = 1/0,017 + 0,16 + 0,017 + 0,017 + 0,0 + 0,04 = 1,41$$

$$D5 = 0,24^2 + 0,29^2 + 0,24^2 + 0,06^2 + 0,06^2 + 0,18^2 = 0,06 + 0,08 + 0,06 + 0,0004 + 0,0004 + 0,03 = 4,33$$

Расчет усредненного показателя изменения видового биоразнообразия биоиндикторов на исследуемой территории №2 проводим по формуле

$$D_i = \sum D_i / b, \text{ где } b - \text{ количество площадок биоиндикации}$$

$$D_i = (3,91 + 3,29 + 2,61 + 1,41 + 4,33) / 5 = 3,11$$

Относительный показатель видового биоразнообразия на площадке биоиндикации исследуемой территории №2 рассчитывается по формуле

$$D_i = 3,11 / 4,02 \cdot 100\% = 77,0 \%$$

## Выводы

Территория №2, испытывающая большую антропогенную нагрузку, имеет меньшее значение относительного показателя видового биоразнообразия (77,0%), чем территория №1 (94%).

Сравнив полученные значения показателей изменения видового биоразнообразия биоиндикторов на исследуемых территориях с критерием, получаем соответствие экологической обстановки исследуемых территорий относительно удовлетворительной ситуации.

Результаты исследования не противоречат нашим предположениям об экологическом состоянии почвенного покрова исследуемых территорий.

Используемая методика может использоваться для оценки экологического состояния почвенного покрова.

## Заключение

В результате проведенной исследовательской работы мы определили , что состояние почвенного покрова лесов села Новокули находится в удовлетворительном состоянии. Установили , что количество особей беспозвоночных на контрольной и исследуемых территориях примерно одинаковы. Результаты данной работы можно использовать на уроках биологии. В дальнейшем я хочу провести мониторинг загрязненности воздуха по состоянию древесных насаждений.

## Список использованной литературы

1. Алексеев С.В., Беккер А.М. Изучаем экологию – экспериментально. Санкт-Петербург,1993.
2. Гиляров М. С., Кривоулицкий Д. А.- Жизнь в почве. 3е-издание, Ростов-на-Дону,2011.
3. Гиляров М.С. Зоологический метод диагностики почв. М.: Наука, 1965.
4. Догель В. А. Зоология беспозвоночных. - М: Высшая школа, 1981.
5. Зенкевич Л. А. и др. Жизнь животных. Беспозвоночные, Т.2 - М: Просвещение,1968.
6. Козлов М. А., Олигер И. М. Школьный атлас - определитель беспозвоночных. – М:Просвещение, 1991.
7. Кривоулицкий Д. А. Почвенная фауна в экологическом контроле.
8. Мамаев Б. М., Бордукова Е. А. Энтомология для учителя. - М: Просвещение,1985.
9. Плавильщиков Н. Н. Определитель насекомых. - М: Топикал, 1994.
10. Чеснокова С. М. Биологические методы оценки качества объектов окружающей среды. - Владимир, 2007.
11. Шарова И. Х. Зоология беспозвоночных. Москва , 2002.
12. [www.eco.priroda.ru](http://www.eco.priroda.ru)
13. [www.securpress.ru](http://www.securpress.ru)
14. [www.document.ru](http://www.document.ru)

## Приложения





Мертвоед темный (*Silpha obscura*)

ТриУнгУлиН 2006





