

Муниципальное автономное образовательное учреждение  
«Лицей народной дипломатии» г. Сыктывкара  
**Республика Коми**  
г. Сыктывкар

**Бделлоидные коловратки  
в ксерофильных сообществах лесных биоценозов  
окрестностей г. Сыктывкара**

Автор:  
**Фефилова Елизавета,**  
учащаяся 10 класса

Руководитель:  
**Константинова Татьяна Петровна,**  
педагог - организатор

Научный консультант:  
**Кононова О. Н.,**  
к.б.н, н.с.  
Института биологии Коми НЦ УрО РАН

Сыктывкар, 2018

## Содержание

Введение.....	3
ГЛАВА 1. Обзор литературных источников.....	5
1.1 Общая характеристика отряда бделлоидные коловратки.....	5
1.2 Внешнее строение.....	5
1.3 Особенности размножения.....	6
1.4 Ангидробиоз.....	6
1.5 Значение бделлоидных коловраток в природе.....	7
1.6 Краткая характеристика беспозвоночных, обитающих во мхах.....	7
ГЛАВА 2. Материалы и методы.....	8
ГЛАВА 3. Результаты исследований и их обсуждение.....	10
Заключение .....	13
Список использованных источников.....	15
Приложение.....	17

## Введение

Бделлоидные коловратки – уникальные по своим возможностям приспособляться к условиям окружающей среды животные. Они выживают как в самых жарких, так и в самых холодных условиях обитания, а также могут переносить высокие дозы радиации. Коловратки могут выжить и в вакууме и в открытом космосе. Поскольку бделлоиды так выносливы, их можно обнаружить практически во всех уголках нашей планеты. Особенно интересной является их способность десятилетиями обходиться без воды. В этом им помогает ангидробиоз (одна из форм покоя животного, при которой временно отсутствуют внешние проявления жизни, уменьшается метаболизм и задерживается развитие). Сейчас изучение ангидробиоза коловраток очень актуально, поскольку если ученые поймут каким образом бделлоиды стабилизируют свои чувствительные молекулы, то смогут применить эти знания для стабилизации вакцин и создания стрессоустойчивых растений (Kozeretska et al, 2015).

Следует заметить, что не так много ученых изучают бделлоидных коловраток. По общему признанию (Örstan et al, 2017), бделлоид исследовать трудно, так как для их идентификации требуется, чтобы животное было живое и полностью расслабленное. Однако живые коловратки обычно очень активны и, следовательно, их трудно рассматривать под микроскопом, особенно при высоком увеличении, которое необходимо для изучения значимых для определения вида частей тела. Ещё более ухудшает ситуацию то, что нет доступных и, или, обще используемых фиксаторов для подготовки бделлоидных коловраток к определению (Kutikova, 1998).

Для выявления наиболее полных сведений о составе и распределении бделлоид необходимо исследовать разнообразные биотопы, так как многие из них могут содержать уникальную по своему составу фауну коловраток даже в пределах одной экосистемы. Среди наземных биотопов наиболее благоприятным для бделлоидных коловраток являются мхи и лишайники, растущие во влажных местах (Melone, Ricci, 1995).

Буквально в последнее десятилетие бделлоидные коловратки привлекают большое внимание ученых, занимающихся разработкой фундаментальных проблем эволюционной биологии, экологии стресса, механизмов адаптаций к экстремальным условиям. Благодаря изучению этой группы микроскопических животных с применением новейших научных технологий уже сделаны открытия, меняющие представления об окружающем мире. Однако фауна бделлоидных коловраток остается слабо изученной, их реальное разнообразие не известно, что делает нашу работу **актуальной**.

Состав ксерофильных бделлоидных коловраток и их роль в лесных биотопах, определены впервые для Республики Коми. Все выявленные нами таксоны бделлоидных коловраток впервые указаны для фауны региона.

**Цель:** определить состав и относительное количество бделлоидных коловраток, обитающих на мхах и лишайниках в лесном массиве в окрестностях г. Сыктывкара; выявить особенности их биотопического распределения.

Для выполнения данной цели нами были поставлены следующие **задачи**:

- проанализировать материалы литературных источников;
- освоить методы отбора и подготовки проб; методы определения групп беспозвоночных и видов бделлоидных коловраток;

- выявить особенности распространения бделлоидных коловраток и других беспозвоночных в исследованных биотопах; выполнить сравнительный анализ структуры населения изученных биотопов;
- определить таксономический состав бделлоидных коловраток, учесть их численность.

**Объект изучения:** бделлоидные коловратки лесных экосистем в окрестностях города Сыктывкара.

**Гипотеза:** бделлоидные коловратки – одна из наиболее многочисленных и разнообразных групп организмов, обитающих в мохово-лишайниковых биотопах леса в окрестностях г. Сыктывкара. Бделлоидные коловратки исследованных биотопов способны к ангидробиозу.

Автор выражает искреннюю благодарность за помощь в проведении исследований кандидату биологических наук, научному сотруднику ФБГУН Институт биологии Коми НЦ УрО РАН Кононовой О.Н.; ведущему научному сотруднику, доктору биологических наук Г.В. Железновой за определение видового состава мхов, старшему научному сотруднику, кандидату биологических наук Т.Н. Пыстиной за определение видового состава лишайников, а также педагогу-организатору МАОУ «Лицей народной дипломатии» г. Сыктывкара Константиновой Т.П.

## Глава 1. Обзор литературных источников

### 1.1. Общая характеристика отряда бделлоидные коловратки

Коловратки (*Rotifera*) в системе животного царства относятся к классу первичнополостных червей, обитание которых в той или иной степени связано с водной средой. Основным характерным признаком коловраток является наличие коловращательного аппарата – ресничного образования на переднем конце тела, который используется для питания и передвижения. Отряд *Bdelloida* (бделлоидные коловратки) (Приложение, рис. 1) представляют собой своеобразную группу микромира животных, обладающую облигатным партеногенезом и ангидробиозом. Включает в себя четыре семейства: *Habrotrochidae*, *Philodinidae*, *Philodinavidae*, *Adinetidae* (Кутикова, 2005).

Всех бделлоидных коловраток разделяют на две основные экологические группы: ксеро- и гидрофильные (Росси, 1987, цит. по Лукашенец, 2012).

Ксерофильные виды населяют биотопы, содержание влаги в которых колеблется значительно. По данным Кутиковой (2003) порядка 95% бделлоид в наземных биотопах обитает во мхах, лишайниках, лесной подстилке и почве. Бделлоидные коловратки предпочитают влажные места, поэтому, чем выше влажность на участке, тем больше там обитает бделлоид и тем разнообразнее видовой состав (Segers, Yule, 2017). Важным фактором расселения коловраток во мхах является форма, структура, толщина листьев, так как животные заселяют влажную пленку, покрывающую листочки. К примеру, в сфагновых мхах (очень влажных) вода находится и в полостях листочков, поэтому видовой состав организмов обитающих здесь обычно шире, чем на сухих зеленых мхах (Приложение, рис. 2). Ксерофильные бделлоиды имеют суженую корону и короткие пальцы. Это связано с тем, что им не нужно фильтровать такое количество воды, какое фильтруют особи, обитающие в водоемах, да и объектов, за которые они могут зацепиться при фильтрации, гораздо больше, поэтому длинные пальцы им не нужны (Kutikova, 1998). Передвигаются бделлоидные коловратки ползанием, так же как черви и пиявки. При вытянутом хоботке и втянутой внутрь короне, сначала они вытягивают передний конец тела, а затем подтягивают задний конец тела. Благодаря такому способу передвижения и появилось название отряда: от греч. *bdella* – пиявка (Кутикова, 2005).

Гидрофильные бделлоидные коловратки обитают в постоянной водной среде - они обычны в планктонных сообществах, в сообществах перифитона, встречаются также бентосные формы. В воде они могут плавать при помощи раскрытой короны (Кутикова, 2005).

Важным фактором, позволившим этим коловраткам адаптироваться ко многим условиям существования является неспециализированная микрофагия, что способствовало их максимальной эволюционной устойчивости, однако законсервировало их морфологическую эволюцию (Маркевич, 1994 цит. по Кутикова 2005).

Распространение наземных бделлоид происходит пассивно: ветром, водой, различными животными (Кутикова, 2005).

### 1.2. Внешнее строение

Размеры коловраток могут быть от нескольких десятков микрон до полутора миллиметров. Окраска может быть разнообразной, в зависимости от места обитания животного. Часто у видов, обитающих во мхах и лишайниках покровы

могут быть уплотнены за счет орнаментации в виде зернистости, складчатости и пр. или выростов: перистых, шиповидных.

У бделлоидных коловраток выделяют голову, шею, туловище и ногу (Приложение, рис. 3). На голове бделлоид находится коловращательный аппарат и хоботок (Приложение, рис. 4). На первом сегменте шеи расположено спинное щупальце (чувствительный орган). Покровы туловища в центральной части обычно утолщены и служат «панцирем», куда в случае опасности или неблагоприятных условий коловратка может втягивать остальные сегменты своего тела. На ноге обычно расположены шпоры, заканчивается она пальцами или прикрепительной пластинкой (Кутикова, 2005). Внешнее строение тела, как и окраска имеют систематическое значение, по которым семейства, рода и виды можно отличить друг от друга.

### **1.3. Особенности размножения**

Самцы в отряде бделлоидных коловраток отсутствуют. Коловратки размножаются партеногенезом (одна из форм полового размножения, при которой женские половые клетки развиваются во взрослом организме без оплодотворения) (Кутикова, 2005). В природе животные, размножающиеся таким способом, не могут приспособиться к изменяющимся условиям окружающей среды и быстро вымирают. Однако филогенетический анализ, проведенный на бделлоидах показал способность этих коловраток к видообразованию и отбору (Birky, 2003 цит. по Кутикова, 2005). У бделлоидных коловраток есть еще одна уникальная способность – горизонтальный обмен генами (они обмениваются генами с другими организмами, в том числе с бактериями, грибами и растениями). Любопытно, что некоторые заимствованные бактериальные гены сохраняли свою структуру. Ученые показали, что, по крайней мере, некоторые из заимствованных генов реально работают в клетках коловраток и кодируют функциональные белки. Большинство генов, заимствованных коловратками у бактерий, грибов и растений, кодируют ферменты, не входящие в состав сложных биохимических путей и каскадов, а выполняющие какую-то самостоятельную биохимическую функцию. Именно такие гены могут оказаться полезными, если их заимствовать поодиночке. Впрочем, есть указания и на то, что иногда гены заимствовались сразу по два. Такие гены расположены в непосредственной близости друг от друга и в геноме бактерий-доноров, и в хромосоме коловратки-реципиента (Горизонтальный обмен..., 2017).

### **1.4. Ангидробиоз**

Это форма покоя животного, при которой временно отсутствуют внешние проявления жизни, уменьшается метаболизм и задерживается развитие. Теряя воду, коловратка сжимается в компактную форму типа бочонка, втянув в туловище головной и хвостовой сегменты (Marotta et al., 2010). Это помогает контролировать скорость потери воды и сохранить ткани и клетки организма. С появлением в среде воды через несколько минут или часов коловратки возвращаются в исходное состояние. Самое длительное пребывание бделлоид в ангидробиозе длилось 59 лет. В таком состоянии бделлоидные коловратки могут выдерживать в течение 4 ч понижение температуры до минус 253 °С, а минус 180 °С – в течение 20 месяцев; в течение 5 минут повышение температуры до плюс 100 °С (Кутикова, 2005).

### 1.5. Значение бделлоидных коловраток в природе

Коловратки играют большую роль в наземных и водных экосистемах. В трофической цепи биоценозов они являются одними из основных потребителей первичной продукции. Сами служат пищей многим организмам (простейшим, нематодам, личинкам насекомых и др.), и, что особенно важно, только что вылупившимся из икры личинкам многих видов рыб. Велика их роль в биологическом самоочищении водоемов. Благодаря прожорливости и массовости их популяций эти фито-, детрито- и полифаги являются прекрасными санитарами загрязненных вод. Фильтруя, они уничтожая массу бактерий, водорослей и детрита. Кроме того, вместе с водорослевой и бактериальной флорой они могут поглощать и радиоактивные элементы, удаляя их из водной толщи водоема. Многие виды служат индикаторами качества водной среды (Пресноводные коловратки..., 2004; Кутикова, 1970; 2005).

Бделлоидные коловратки почвенных и наземных биоценозов проявляют различную чувствительность как к влаге, так и к загрязнению среды. Известно, что бделлоиды, обитающие на лишайниках, обычно живущих в экологически чистых условиях, также являются показателями чистой среды (Кутикова, 2003).

### 1.6. Краткая характеристика других беспозвоночных, обитающих на мхах и лишайниках

Тихоходки (*Tardigrada*) - микроскопические беспозвоночные, длиной в зависимости от вида, от 0.1 до 1.5 мм. Тело у них двусторонне симметричное, выпуклое на спинной и плоское на брюшной стороне, снабжено четырьмя парами толстых коротких подвижных ножек снабженных коготками (Приложение, рис. 5). Эти организмы обладают такой же выносливостью, что и бделлоиды, обитают практически везде и могут выживать в самых неблагоприятных условиях. Большинство видов населяет моховые и лишайниковые подушки не только на земле, но и на стволах деревьев, стенах и т.д. Питаются они растениями, на которых обитают, водорослями, а иногда и коловратками (Тихоходки..., 2018; Жадин, 1940).

Нематоды или круглые черви (*Nematoda*) — тип первичноротых из группы лияющих. Эти черви имеют очень маленькие размеры от 0.5 до 50 мм. (Приложение, рис. 6). Раковинные амёбы (*Testacea*) – микроскопические одноклеточные амёбоидные организмы, тело которых заключено в твердую раковинку с отверстием для выхода псевдоподий (Приложение, рис. 7). Размеры раковинки могут быть менее 40 мкм и до 280 мкм, а иногда и более. Питаются эти организмы бактериями, водорослями, инфузориями, нематодами, коловратками и др. Некоторые виды, функционируя как сапрофаги, расщепляют лигнин, т.е. являются участниками гумификации (Мазей, Цыганов, 2006).

Инфузории (*Ciliata*) – одноклеточные организмы, передвигающиеся при помощи ресничек (Приложение, рис. 8).

Личинки двукрылых (*Diptera n/det.*) имеют червеобразное вальковатое тело (Приложение, рис. 9). Головная капсула зачастую бывает полностью редуцирована. Настоящих грудных ножек у них нет, поэтому передвигаются они при помощи ложных ножек. Питаются растениями, разлагающимися растительными остатками или хищничают. Многие виды можно встретить на влажных подушечках мхов (Жадин, 1940).

## Глава 2. Материалы и методы

Исследований проводили в октябре 2017 г. в лесном массиве в окрестностях г. Сыктывкар. Пробы были нами отобраны в ельнике чернично-зеленомошном (Приложение, рис. 10).

Были изучены следующие биотопы:

1. Мох на обшивке теплотрубы (Приложение, рис. 11).
2. Лишайники на обшивке теплотрубы (Приложение, рис. 12).
3. Лишайники на стволе березы (Приложение, рис. 13).
4. Лишайники на ветках ели (Приложение, рис. 14).
5. Мох на стволе осины (Приложение, рис. 15).
6. Мхи на стволе ели (Приложение, рис. 16).
7. Лишайники у корней ели (Приложение, рис. 17).
8. Лишайники на ветках ели (Приложение, рис. 18).
9. Мхи напочвенного покрова (Приложение, рис. 19).
10. Лишайник на ветке осины (Приложение, рис. 20).

Определение таксономического состава мхов и лишайников выполнены специалистами Института биологии Коми НЦ УрО РАН Г.В. Железновой и Т.Н. Пыстиной, результаты определений приведены в табл. 1, приложение.

Сбор субстрата, на котором обитают коловратки проводили вручную, фиксируя каждую пробу в отдельный пакет, и указывая на этикетке дату и биотоп, производили фотосъемку. Далее все пробы в лаборатории были высушены на воздухе для последующего хранения (Приложение, рис. 21).

Общепринятая методика количественного учета бделлоидных коловраток еще не разработана. В настоящее время используют метод исследования нематод и коловраток, обитающих в почве и мхах (Peters et al., 1993). Он состоит в том, что хорошо увлажненный мох (1 см<sup>2</sup>) и дождевую воду (20 мл) помещают в пузырек (70 см<sup>3</sup>) и энергично трясут в течение 15 секунд. Затем содержимое выливают в маленькую чашку Петри, дно которой разделено на клетки, и производят подсчет коловраток под микроскопом. Эту процедуру необходимо повторить несколько раз со мхом одной и той же пробы, при этом каждый раз используя новую чашку Петри (в нашей работе мы повторяли эту процедуру 2-10 раз). Далее, обнаруженных бделлоидных коловраток при помощи пипетки перемещали в капле воды на предметное стекло (Приложение, рис. 22).

Для определения вида коловратки у нее необходимо рассмотреть комплекс признаков: форму и размер короны, форму и размер верхней губы, шпоры, пальцы и т. д. Все эти признаки доступны для наблюдения только у живой особи в ее расправленном виде, обычно во время питания. Однако, живые коловратки очень подвижны, поэтому их очень сложно определять. Обычные фиксаторы для бделлоид неприменимы, поскольку от любого химического воздействия они сжимаются в комок. Для релаксации животных мы использовали: сем. *Habrotrochidae* – кипящую воду; для сем. *Philodinidae* – 1% раствор MgCl<sub>2</sub> (Кутикова, 2005) или 2% раствор новокаина. Семейства *Philodinavidae* и *Adinetidae* в наших исследованиях не встречались. Коловраток определяли и фотографировали под микроскопом при увеличении в 600 раз (Приложение, рис. 23).

Для того, чтобы рассмотреть структуру челюстного аппарата (мастакса), мягкие ткани тела коловраток растворяли отбеливающим средством «Белизна».

Кроме коловраток в пробах мы учитывали состав и количество всех встреченных в них живых организмов (не деформированных и подвижных). Выявление их таксономической принадлежности проводили по «Определителю пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР» (1977).

Автор принимала непосредственное участие в отборе проб в полевых условиях; разборе проб и определении видов бделлоидных коловраток в лаборатории (Приложение, рис. 24).

### Глава 3. Результаты исследований и их обсуждение

В результате исследований было выявлено шесть таксономических групп беспозвоночных (Приложение, табл. 2). В каждом из биотопов было отмечено 3-5 таксонов, за исключением биотопа №10, где мы обнаружили только тихоходок. Связано это с особенностью лишайниковых обрастаний на ветке осины (Приложение, рис. 20) и способностью тихоходок заселять разнообразные экологические ниши благодаря особенностям морфологического строения их тела и высокой стрессоустойчивости. Представители всех выявленных групп животных обладают способностью переносить неблагоприятные условия среды, в том числе, высушивание. Только в биотопе, представленном наземными мхами (№ 9) были найдены панцирные амебы, а на лишайнике, населяющем обшивку теплотрубы (биотоп № 2) – личинки Diptera n/det. Практически во всех исследованных биотопах, в большей степени связанных со мхами, было встречены инфузории, популяции которых были весьма многочисленными (Приложение, табл. 2).

Среди бделлоидных коловраток было выявлено 19 видов и форм, относящихся к пяти родам и двум семействам (Приложение, табл. 3). Подавляющее большинство видов и форм принадлежало семейству *Philodinidae*. По количеству видов преобладали представители рода *Mniobia*.

Количественное развитие организмов в биотопах варьировало значительно (рис. 1). Высокие показатели были отмечены для биотопов, расположенных на стволах деревьев (биотопы №№ 5, 6, 7), особенно на границе двух экосистем – ствол дерева – почвенная подстилка (биотоп №7), что вполне закономерно. В переходных местообитаниях происходит смешение фаун, характерных для двух систем, в результате которого образуется новая, отличающаяся высоким видовым богатством и численностью сообщество. Минимальные показатели численности микрофауны, были обнаружены на лишайниковых группировках, расположенных на ветках деревьев (биотопы №№ 4, 8 и 10), где создаются, пожалуй, одни из самых экстремальных условий для обитания среди исследованных биотопов: малая площадь и ветровое воздействие способствуют быстрой потере влаги и пересыханию.

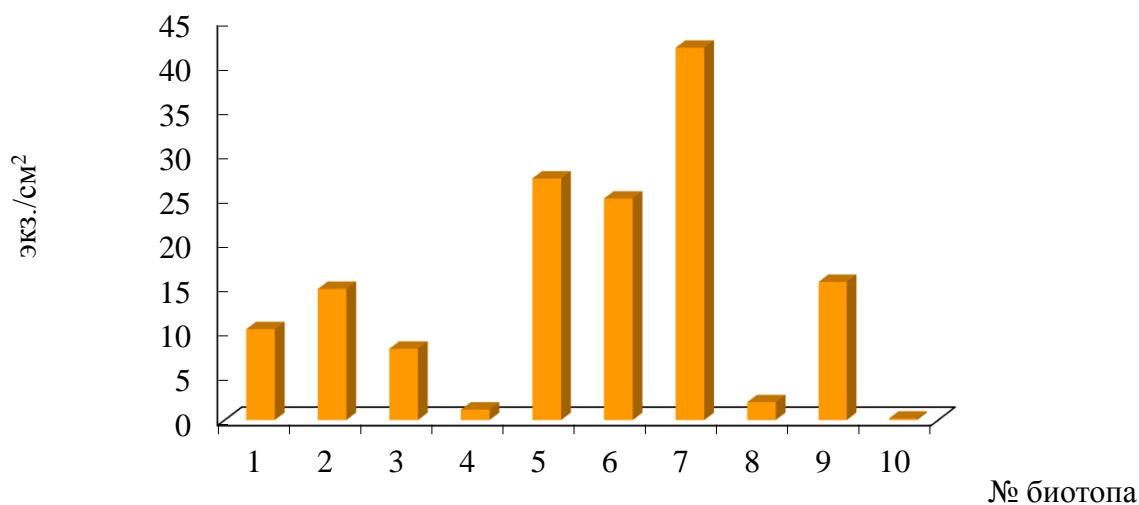


Рис. 1. Численность ксерофильной фауны в исследованных биотопах

Численность групп беспозвоночных была выше в биотопах, образованных мхами, что связано со способностью удерживать этими растениями влагу, создавая благоприятную среду для развития не только бделлоидных коловраток, но и для всех представителей ксерофильной фауны. Исключение составляют сухие зеленые мхи в биотопе № 9 (Приложение, рис.19), на которых развивается своя специфическая фауна, хотя и менее многочисленная.

На мхах и лишайниках, поселяющихся на антропогенном объекте (в частности на обшивке теплотрубы), количественное развитие организмов отличалось от биотопов, образованных в естественной среде. Подушечки мхов, произрастающие в ложбинках обшивки в биотопе № 1, были менее заселены (Приложение, рис. 11). На лишайниках в биотопе №2, напротив, численность животных была выше, даже в сравнении с биотопом №3, образованном теми же видами лишайников (Приложение, табл. 1), что вероятно связано с некоторой защитной функцией материала обшивки, способствующего удержанию влаги. Бделлоидные коловратки в исследованных биотопах были распределены следующим образом:

Биотоп №1 (мох на обшивке теплотрубы) представляет собой моховые подушечки образованные одним видом (Приложение, табл. 1). В сообществе ксеробионтов преобладали бделлоиды (Приложение, рис. 29). Среди них были найдены представители двух семейств (Приложение, табл. 3). Несмотря на относительно низкую численность биоты в целом в сравнении с другими биотопами, образованных мхами, бделлоиды здесь достигают относительно высокой численности (Приложение, табл. 2). Преобладание представителей родов, обладающих высокой устойчивостью к неблагоприятным условиям может быть связано с тем, что мхи, образующие биотоп, содержат мало влаги (Hirschfelder et al., 1993 цит. по Кутикова, 2005).

Биотоп №2 (лишайники на обшивке теплотрубы) представлен типичными эпифитными лишайниками (табл. 1). Бделлоиды составляли более половины населяющих его организмов (Приложение, рис. 29). Доминировали среди них представители рода *Mniobia* (рис. 25). Виды *Mn.magna* и *Mn.quadricornifera quadricornifera* являются обычными обитателями лишайников, образующих этот биотоп. В то время как *Ph. plena* и *H. insignis* более характерны для почвенной подстилки и моховых обрастаний (Кутикова, 2005). Присутствие этих видов может быть связано с особенностью субстрата, на котором произрастают лишайники. На поверхности теплотрубы в течении долгого периода происходило накопление листового опада, который со временем приобрел свойства, сходные с листовыми подстилками в лесных массивах. Вполне возможно, что из этого субстрата виды могли попадать и на лишайники, произрастающие рядом.

Биотоп №3 (лишайники на стволе березы) представлен теми же видами лишайников, что и биотоп №2 (Приложение, табл. 1). В сообществе преобладали бделлоидные коловратки (Приложение, рис. 26) *Mn.. tentans*, - эврибионтный вид, среди лишайников предпочитающий селиться на эпифитных формах (Кутикова, 2005).

Биотоп №4 (лишайники на ветках ели) образован разнообразными видами лишайников (Приложение, табл. 1). Благодаря большому разнообразию субстрата, в сообществе не было выявлено ярко доминирующих групп организмов, численность была распределена относительно равномерно (Приложение, рис. 29). В коловраточном сообществе были встречены только очень маленькие

представители *Mniobia* sp., определение которых на данном этапе не представлялось возможным.

Характерной чертой ельников является высокое разнообразие бриофитов (мхов), за счет обилия местообитаний, заселяемых ими. Отмечают (Железнова и др., 2009) заметную приуроченность мхов к древесным субстратам. В связи с этим мы изучили фауну моховых обрастаний на стволе осины (биотоп № 5) и ели (биотоп № 6). Все мхи, образующие данные биоценозы (Приложение, табл. 1) являются облигатными эпифитами. Поселяются они обычно на коре деревьев, преимущественно лиственных пород, особенно осины (Железнова и др., 2009).

В сообществе моховых обрастаний на стволе осины доминировали нематоды (Приложение, рис. 29). Коловратки были представлены эврибионтными видами (табл. 3). В биотопе №6 напротив, доминировали бделлоиды (Приложение, рис. 29). Вид, обнаруженный здесь – *Mn.lamellata* ранее для таких местообитаний не отмечали, однако, его находили в хвойной подстилке (Кутикова, 2005). Различие в таксономическом составе бделлоид может быть связано и с разными видами мхов, образующих биотопы.

Биотоп №7 (лишайники у корней ели) образован обычными для ельников напочвенными видами лишайников (Приложение, табл. 1). Здесь мы наблюдали самую высокую численность микрофауны среди исследованных местообитаний (рис. 1). Коловратки преобладали в сообществе наряду с нематодами (Приложение, рис. 29). Среди бделлоид были отмечены как виды характерные для наземных лишайников – (род. *Macrotrachela*) *M. papillosa* и *M. quadricornifera quadricornifera*, так и виды, обитающие на эпифитных видах лишайников – *Mn.magna* и *Mn. tarda*.

Биотоп №8 (лишайники на ветках ели), как и № 4 представляет собой группировки лишайников на ветках ели. Однако состав лишайников здесь был другим (Приложение, табл. 1). Распределение численности групп беспозвоночных было сходным с таковым в четвертом биотопе, однако бделлоид в этом было несколько больше (Приложение, рис. 29). Большинство из них представляли собой очень маленькие особи, что не позволило нам определить их до вида, однако были отмечены относительно крупный *H. elegans*. Ранее этот вид в наземных биотопах находили только во мхах и лесной подстилке (Кутикова, 2005).

Биотоп № 9 (мхи напочвенного покрова) является, пожалуй, самым интересным среди всех исследованных нами. Образован он напочвенными мхами (Приложение, табл. 1). Как в большинстве биоценозов, образованных разнообразными бриофитами, в нем доминируют коловратки (Приложение, рис. 29). Однако численность их, в сравнении с другими «моховыми» биотопами, была ниже (табл. 2). Связано это с тем, что эти виды мхов плохо удерживают влагу. В этом биоценозе были найдены интересные по морфологии виды бделлоид, обычные для сухих мхов – *M. papillosa* и *M. zickendrahti zickendrahti*, имеющие разнообразные выросты и бугорки на своем теле. Коловратка *Mn. procera*, в отличие от остальных обитает в хвойной подстилке (Кутикова, 2005). В нашем случае нельзя сказать с уверенностью, обитает она на мхах или попала в пробу случайно.

Биотоп №10 (лишайник на ветке осины) представлен накипными лишайниками на ветке осины (Приложение, табл. 1). Особенностью этих лишайников является очень тонкое слоевище, плотно сросшееся с субстратом. В этом биоценозе были найдены только тихоходки (Приложение, табл. 2).

## Заключение

1. Анализ литературных материалов показал, что бделлоидные коловратки обитают практически везде, однако наиболее благоприятным местообитанием для них являются мхи и лишайники. Бделлоиды обладают уникальными способностями, такими как партеногенез и ангидробиоз. Изучение бделлоидных коловраток является очень интересным и перспективным направлением в биологии беспозвоночных, однако к настоящему времени бделлоиды изучены недостаточно.

2. Нами были освоены методы сбора, подготовки и определения таксономических групп беспозвоночных и видов бделлоидных коловраток, сделаны свои предложения по улучшению методики.

3. Проведенные исследования выявили богатый состав ксерофильной фауны в природных биотопах, а также антропогенном биотопе (мохово-лишайниковый биотоп трубы). В каждом из биотопов было отмечено 3-5 таксонов, за исключением биотопа №10 (лишайник на ветке осины), где мы обнаружили только тихоходок. В исследуемых биотопах были найдены следующие таксономические группы организмов: *Nematoda*, *Bdelloida*, *Cilophora*, *Tardigrada*. Кроме того, в биотопе №2 (лишайники на обшивке теплотрубы) была найдены *Diptera n/det*, а в биотопе №9 (мхи напочвенного покрова) – *Testacea*. Практически во всех исследованных биотопах, в большей степени связанных со мхами, были встречены инфузории, популяции которых были весьма многочисленными.

4. Всего нами было определено 14 видов бделлоид. Самым большим видовым составом, а также наиболее часто встречающимся в биотопах оказался род *Mniobia*. Из этого мы можем заключить, что представители рода *Mniobia* лучше всех остальных приспособлены к условиям обитания на мхах и лишайниках.

Наибольшая численность бделлоидных коловраток была выявлена в биотопе №7 (лишайник у корней ели) – 24.5 экз./см<sup>2</sup>, а наименьшее – 0.5 экз./см<sup>2</sup> в биотопе №4 (лишайник на ветках ели). Это связано с тем, что у корней ели условия обитания являются более стабильными, кроме того, тут присутствовали не только бделлоиды, обитающие на лишайниках, но и виды, живущие в почве и подстилке; в то время как на ветках, где условия влажности и температуры нестабильны и могут изменяться в короткие сроки, бделлоид оказалось немного. В биотопе №10 (ветка ели) на накипных лишайниках бделлоиды не были обнаружены вовсе, что указывает на то, что на распределение и численность коловраток влияет не только тип биотопа, но его морфология, а также способность удерживать влагу и создавать естественные укрытия для организмов. Коловратки преобладают в большинстве исследованных биотопов. Большая доля их численности относительно других животных приходится на биотоп № 6 (моховые обрастания на стволе ели) до 89%, а наименьшая – до 18% – на биотоп № 5 (моховые обрастания на стволе осины). Такое распределение бделлоидных коловраток связано, возможно, с видами мха, образующих обрастания. В среднем на мхах обитает 19 экз./см<sup>2</sup> бделлоид, а на лишайниках – 7 экз./см<sup>2</sup>, то есть мхи являются более благоприятным местообитанием бделлоидных коловраток.

Получен список видов бделлоидных коловраток – индикаторов чистоты окружающей среды (приуроченных к лишайникам): *Macrotrachela quadricornifera quadricornifera*, *M. papillosa*, *Mniobia magna*, *Mn. tentans* и *Mn. tarda*. Отмечено, что изоляционное покрытие теплотрубы, которое используют в г. Сыктывкаре,

является экологически безопасным: наши исследования выявили богатый состав ксерофильной фауны на мохово-лишайниковых биотопах трубы.

Нами усовершенствована методика подготовки живых особей коловраток сем. *Philodinidae* для идентификации их видовой принадлежности – релаксация новокаином.

Таким образом, наша гипотеза о том, что бделлоидные коловратки являются одной из наиболее многочисленных и разнообразных групп организмов, обитающих в мохово-лишайниковых биотопах леса в окрестностях г. Сыктывкара, подтвердилась, как и то, что эти коловратки способны к ангидробиозу.

### Список использованных источников

1. Биологи исследовали амёбные сообщества болотистых местностей [Электронный ресурс]/Режим доступа: [www.msu.ru](http://www.msu.ru)
2. Биологический энциклопедический словарь [Электронный ресурс]/Режим доступа: <https://dic.academic.ru>
3. Биология. Большой энциклопедический словарь/Гл. ред. М. С. Гиляров – 3-е изд. – М.: Большая Российская энциклопедия, 1998. – 864 с.
4. Горизонтальный обмен генами заменяет коловраткам половое размножение [Электронный ресурс]/Режим доступа: <https://elementy.ru>
5. Жадин В.И. Жизнь пресных вод. Т.1. / Отв. ред. С.А. Зернов. – М.: Изд-во Академии наук СССР, 1940. 460 с.
6. Железнова Г. В., Дегтева С. В., Косолапов Д. А., Мартыненко В. А., Пыстина Т. Н., Шубина Т. П. Флора лишено- и микобиота ельников европейского северо-востока России // Лесной вестник, 2009. - С. 135-145.
7. Зеленая муха: описание, фото. Как избавиться от зеленых мух? [Электронный ресурс]/Режим доступа: [fb.ru](http://fb.ru)
8. Как вырастить инфузорию туфельку в домашних условиях [Электронный ресурс]/Режим доступа: [www.aquarium.ru](http://www.aquarium.ru)
9. Кутикова Л. А. Бделлоидные коловратки фауны России. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2005. – 315 с.
10. Кутикова Л.А. Коловратки фауны СССР / Гл. ред. Б.Е. Быховский. – Л.: Наука, 1970. – 745 с.
11. Кутикова Л.А. Феномен облигатного партеногенеза у коловраток (Rotifera, Bdelloida) // Журнал общей экологии, 2001. Т. 62, вып. 4. С. 333-338.
12. Лукашенец Д.А. Фаунистические особенности бделлоидных коловраток (Rotifera, Bdelloidea) в водных экосистемах Белоруссии // Весці Нацыянальнай Акадэміі Навук Беларусі. Серыя біялагічных навук, 2012. № 4. С. 112-116.
13. Нематоды [Электронный ресурс]/Режим доступа: <https://gelmintoz.net/vidy-glistov/nematody.html>
14. Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР/Отв. ред. Л.А. Кутикова, Я.И. Старобогатов. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 512 с.
15. Пресноводные коловратки (Rotatoria) [Электронный ресурс]/Режим доступа: <http://www.ecosystema.ru/08nature/w-invert/013.htm>
16. Тихоходки (лат. Tardigrada) [Электронный ресурс]/Режим доступа: <https://ianimal.ru/topics/tikhokhodki>
17. Aydin Örstan, Michael Plewka. An introduction to bdelloid rotifers and their study//ResearchGate. 2017. С. 2-15.
18. Aydin Örstan. A method for the preservation of bdelloid rotifers for taxonomical and anatomical studies// ResearchGate. 2015. С. 355 – 359.
19. Diego Fontaneto. Rotifera bdelloida// Rotifera Bdelloidea. 2004. С. 121 – 126.
20. Eugene A. Gladyshev, Matthew Meselson, Irina R. Arkhipova. Massive Horizontal Gene Transfer in Bdelloid Rotifers// Reports .2017. С. 1210 – 1214.
21. Giulio Melone, Claudia Ricci. Rotatory apparatus in Bdelloids//Hydrobiologia.1995. С. 91-98.

22. Hendrik H. Segers, Catherine M. Yule. 10. Rotifera Monogononta// ResearchGate. 2017. С. 106 – 120.
23. Irena Bielańska-Grajner, Jolanta Ejsmont-Karabin, Nataliia Iakovenko. Bdelloidea (Rotifera) from the Tatra National Park, with some species newly found in Poland// ResearchGate.2011. С. 103 – 111.
24. Iryna A Kozeretska, Miloslav Devetter, Michael Plewka, Karel Janko. Antarctic bdelloid rotifers: diversity, endemism and evolution// ResearchGate.2015. С. 1-42.
25. Kutikova L. A. Remarks on the rotifer fauna of north and northwestern Russia// Hydrobiologia. 1998. С. 79–82.
26. Roberto Marotta, Francesca Leasi, Claudia Ricci, Giulio Melone. Dry and survive: Morphological changes during anhydrobiosis in a bdelloid rotifer// ResearchGate. 2010. С. 11 – 17.
27. Rotifers of Germany and Neighbouring Countries (1): Bdelloida [Электронный ресурс]/Режим работы: plingfactory.de
28. Saima Gondal, Abdul Qayyum Khan Sulehria, Farina Naz, Muhammad Fiaz Qamer. Density and Diversity of Soil Rotifers of Jallo Park, Lahore// Biologia.2017. С. 35 – 42.
29. The bdelloid rotifer *Philodina gregaria* [Электронный ресурс]/Режим работы: <https://www.npr.org>
30. The World Register of Marine Species aims to provide the most authoritative list of names of all marine species globally, ever published [Электронный ресурс]/Режим доступа: <http://www.marinespecies.org>
31. Thousands of articles & images, for microscopists including beginners [Электронный ресурс]/Режим работы: <http://www.microscopy-uk.org.uk>

# Приложение

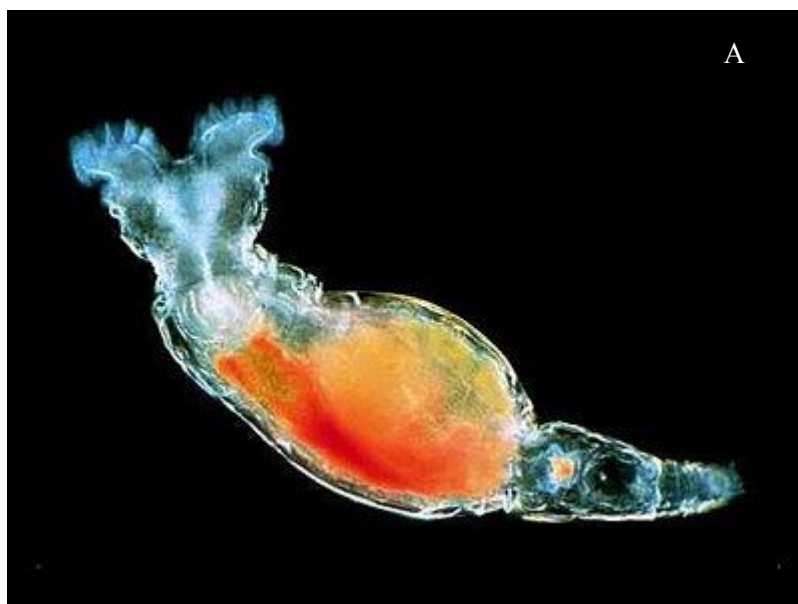


Рис. 1 (А, Б, В). Коловратки отр. Bdelloida (media.npr.org)

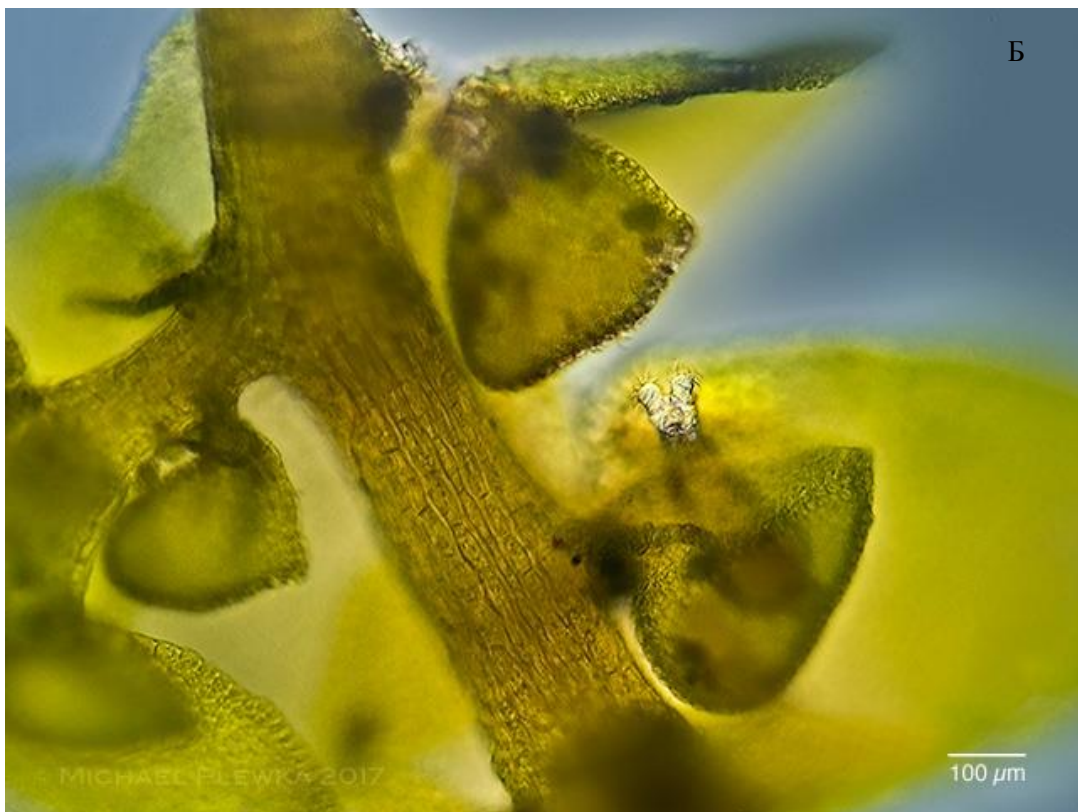


Рис. 2 (А, Б). Коловратки на стебельках мха (plingfactory.de)

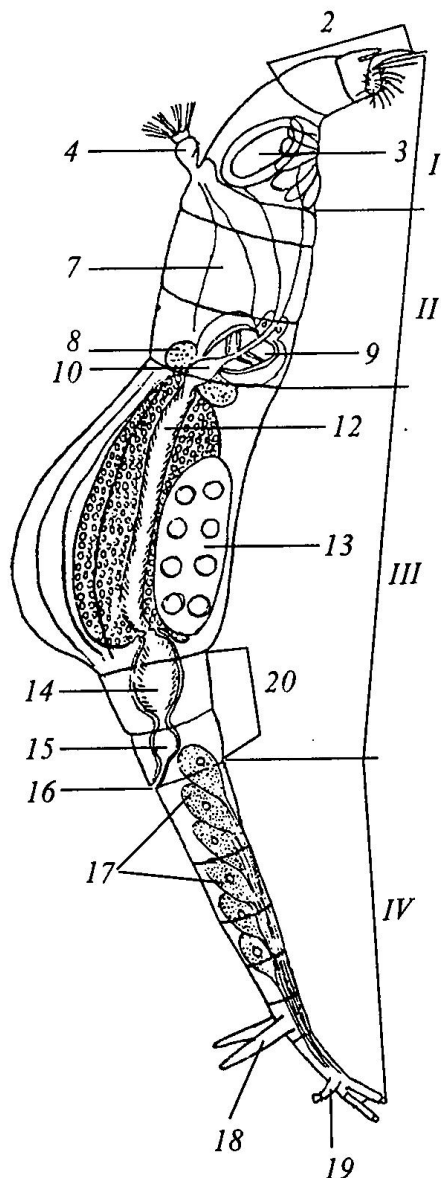


Рис. 3. Строение бделлоидных коловраток (Кутикова, 2005), где: I – голова; II – шея; III – туловище; IV – нога; 2 – хоботок; 3 – втянутая корона; 4 – спинное щупальце; 7 – мозг; 8-желудочные железы; 9 – мастакс; 10 – пищевод; 12 – полость желудка; 13 – желточник; 14 – кишечник; 15 – клоака; 16 – анус; 17 – ножные железы; 18 – шпоры; 19 – пальцы.

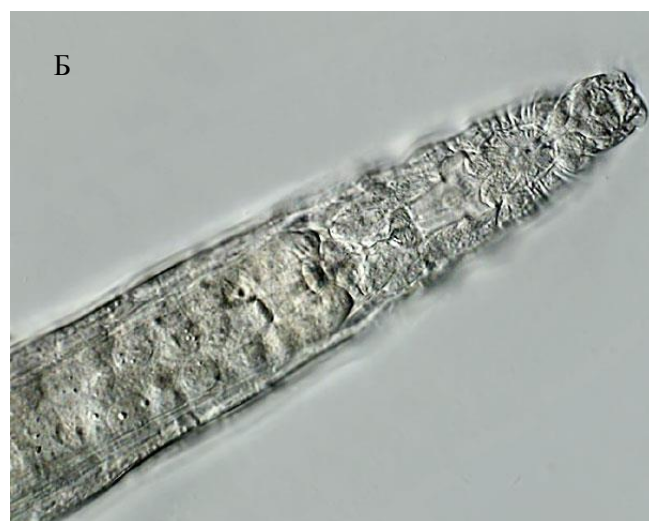


Рис. 4 Голова бделлоидных коловраток ([www.microscopy-uk.org.uk](http://www.microscopy-uk.org.uk)), где: А – корона расправлена, Б – корона втянута, хоботок вытянут.

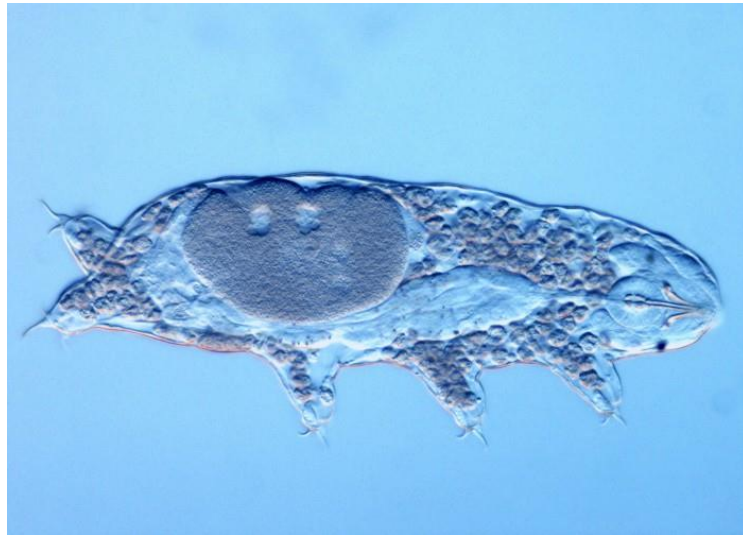


Рис. 5. Тихоходка ([www.marinespecies.org](http://www.marinespecies.org)).

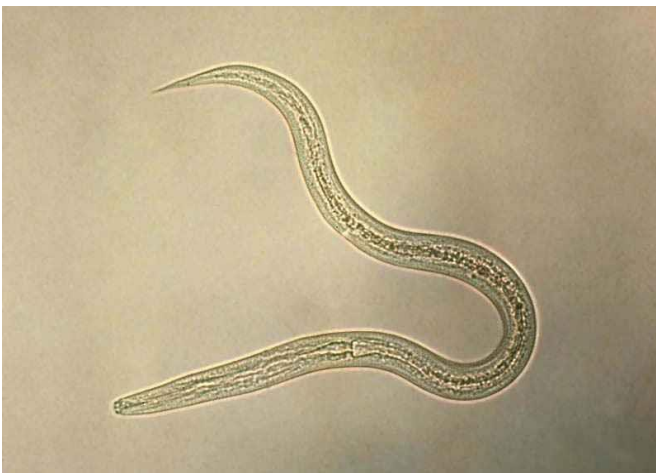


Рис. 6. Нематода ([gelmintoz.net](http://gelmintoz.net))

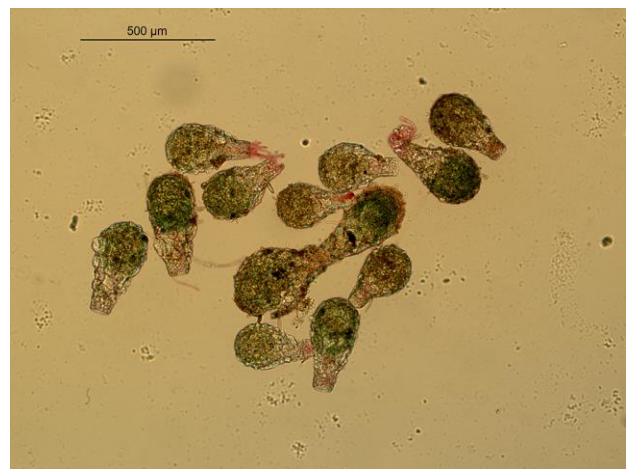


Рис. 7. Раковинные амёбы ([www.msu.ru](http://www.msu.ru))



Рис. 8. Инфузории ([www.aquium.ru](http://www.aquium.ru))



Рис. 9 Личинка Diptera n/det ([fb.ru](http://fb.ru))



Рис. 10 Ельник чернично-зеленомошный



Рис. 11. Мох на обшивке теплотрубы



Рис. 12. Лишайники на обшивке теплотрубы



Рис. 13. Лишайники на стволе березы



Рис. 14. Лишайники на ветках ели



Рис. 15. Мох на стволе осины



Рис. 16. Мхи на стволе ели



Рис. 17. Лишайники у корней ели



Рис. 18. Лишайники на ветках ели



Рис. 19. Мхи на лесной подстилке



Рис. 20. Лишайник на ветке осины

## Таксономический состав мхов и лишайников в исследованных биотопах

№ Биотопа	Виды мхов и лишайников
1	Цератодон пурпурный ( <i>Ceratodon purpureus</i> (Hedw.) Brid.)
2	Гипогимния вздутая ( <i>Hypogymnia physodes</i> (L.) Nyl.), пармелия бороздчатая ( <i>Parmelia sulcata</i> Taylor)
3	Гипогимния вздутая ( <i>Hypogymnia physodes</i> (L.) Nyl.) и пармелия бороздчатая ( <i>Parmelia sulcata</i> Taylor)
4	Гипогимния вздутая ( <i>Hypogymnia physodes</i> (L.) Nyl.), пармелия бороздчатая ( <i>Parmelia sulcata</i> Taylor), уснея почти цветущая ( <i>Usnea subfloridana</i> Stirt.), меланохалея шероховатистая ( <i>Melanohalea exasperatula</i> (Nyl.) O. Blanco et al.), фисция айполия ( <i>Physcia aipolia</i> (Ehrh. ex Humb.) Fűrnr.), тукерманнопсис хлорофилловый ( <i>Tuckermanopsis chlorophylla</i> (Willd.) Hale), леканора смешанная ( <i>Lecanora symmicta</i> (Ach.) Ach.), бриория Надворника ( <i>Bryoria nadvornikiana</i> (Gyeln.) Brodo & D. Hawksw.), эверния мезоморфная ( <i>Evernia mesomorpha</i> Nyl.), лецидея ( <i>Lecidea</i> sp.)
5	Пилезия многоцветковая ( <i>Pylaisia polyantha</i> (Hedw.) Bruch et al.)
6	Ортотрихум красивый ( <i>Orthotrichum speciosum</i> Nees) и ортотрихум туполистный ( <i>Orthotrichum obtusifolium</i> Brid.)
7	Кладония шишконосная ( <i>Cladonia coniocraea</i> (Flörke) Spreng.) и кладония бахромчатая ( <i>Cladonia fimbriata</i> (L.) Fr.)
8	Вульпицида сосновая ( <i>Vulpicida pinastri</i> (Scop.) J.-E. Mattsson & M.J. Lai), биатора бледно-розовая ( <i>Biatora helvola</i> Körb. ex Hellb.), клиостомум бледноватый ( <i>Biatora pallens</i> (Kullh.) Printzen), буэллия дисковидная ( <i>Buellia disciformis</i> (Fr.) Mudd), охролехия ( <i>Ochrolechia</i> sp.)
9	Кукушкин лен обыкновенный ( <i>Polytrichum commune</i> Hedw.) и Ритидиаструм слабоперистый ( <i>Rhytidiadelphus subpinnatus</i> (Lindb.) T.J. Kop.)
10	Биатора глазковидная ( <i>Biatora ocelliformis</i> (Nyl.) Arnold), буэллия дисковидная ( <i>Buellia disciformis</i> (Fr.) Mudd), <i>Stenocybe pullatula</i> (Ach.) Stein, леканора смешанная ( <i>Lecanora symmicta</i> (Ach.) Ach.)

Примечание: обозначения биотопов, те же, что и в методике.



Рис. 21. Отобранные пробы сушатся

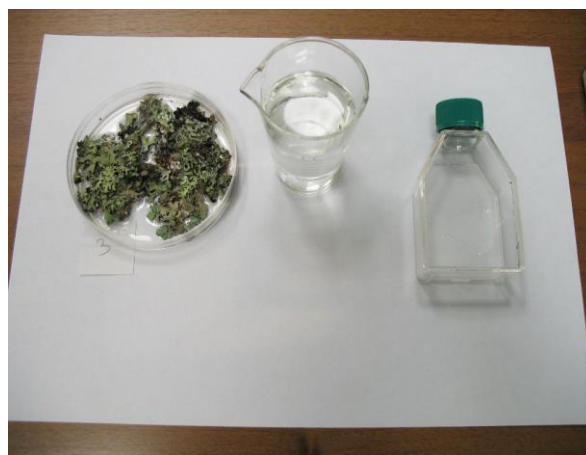


Рис. 22. Часть оборудования, которые мы использовали для подготовки бделлоид к определению их вида под микроскопом



Рис. 23. Микроскоп, который мы использовали при работе



Рис. 24. Автор работы во время разбора проб

Таблица 2

Состав и средняя численность (экз./см<sup>2</sup>)  
групп беспозвоночных в исследованных биотопах

Таксономическая группа	№ биотопа									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Bdelloida	6.8	7.7	7	0.5	5	22.1	24.5	1	11.3	0
Tardigrada	2.4	5.4	1	0.3	6.3	0.3	0.7	0.6	2	0.2
Nematoda	1	1.4	0	0.3	15.8	2.5	16.7	0.4	1.5	0
Testacea	0	0	0	0	0	0	0	0	0.8	0
Diptera n/det	0	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0
Ciliophora	+	+	+	+	+	-	+	+	+	-

Примечание: обозначения биотопов, те же, что и в методике; «+» - таксон присутствует; «-» - таксон не обнаружен.

Таблица 3

Таксономический состав  
бделлоидных коловраток в исследованных биотопах

Таксон	№ биотопа									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Сем. Habrotrochidae Bryce										
Род <i>Habrotrocha</i> Bryce										
<i>H. elegans</i> (Milne)	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
<i>H. insignis</i> Bryce	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Habrotrocha</i> sp.	+	+	-	-	-	-	-	+	-	-
Сем. Philodinidae Bryce										
Род <i>Macrotrachela</i> Milne										
<i>M. papillosa</i> Thompson	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-
<i>M. quadricornifera</i> <i>quadricornifera</i> Milne	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>M. zickendrahti zickendrahti</i> (Richters)	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Macrotrachela</i> sp.	+	+	-	-	+	-	-	-	-	-
Род <i>Philodina</i> Ehrenberg										
<i>Ph. plena</i> (Bryce)	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-
<i>Philodina</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
Род <i>Didymodactylos</i> Milne										
<i>D. carnosus</i> Milne	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
Род <i>Mniobia</i> Bryce										
<i>Mn. magna</i> (Plate)	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Mn. procera</i> Schulte	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Mn. russeola</i> (Zelinka)	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Mn. tarda</i> Donner	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Mn. tentans</i> Donner	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>Mn. variabilis</i> Donner	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Mn. lamellata</i> Donner	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
<i>Mniobia</i> sp.	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-
Bdelloida sp.sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Примечание: обозначения биотопов, те же, что и в методике; «+» - таксон присутствует; «-» - таксон не обнаружен.



Рис.25. *Mniobia tentans*

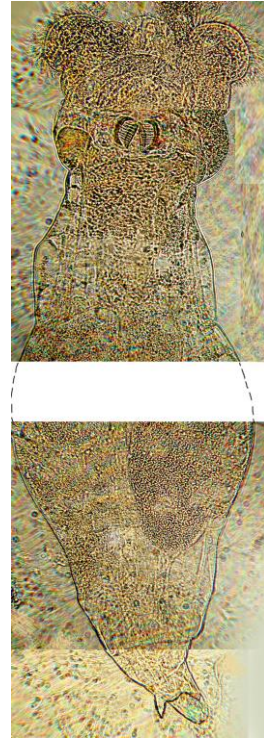


Рис. 26. *Habrotrocha elegans*

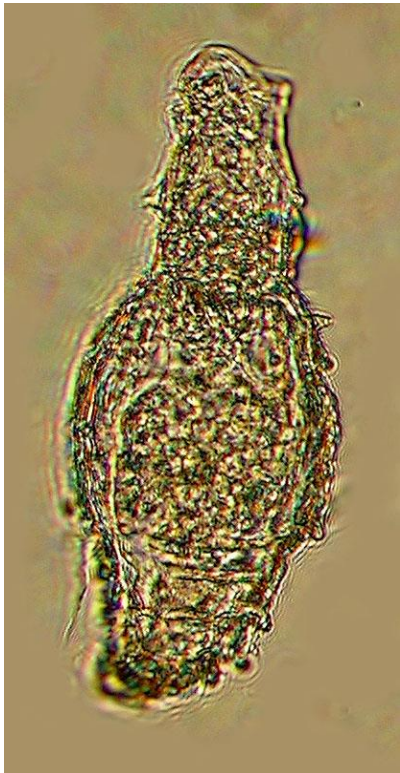


Рис. 27. *Macrotrachela papillosa*



Рис. 28. *Macrotrachela zickendrahti zickendrahti*

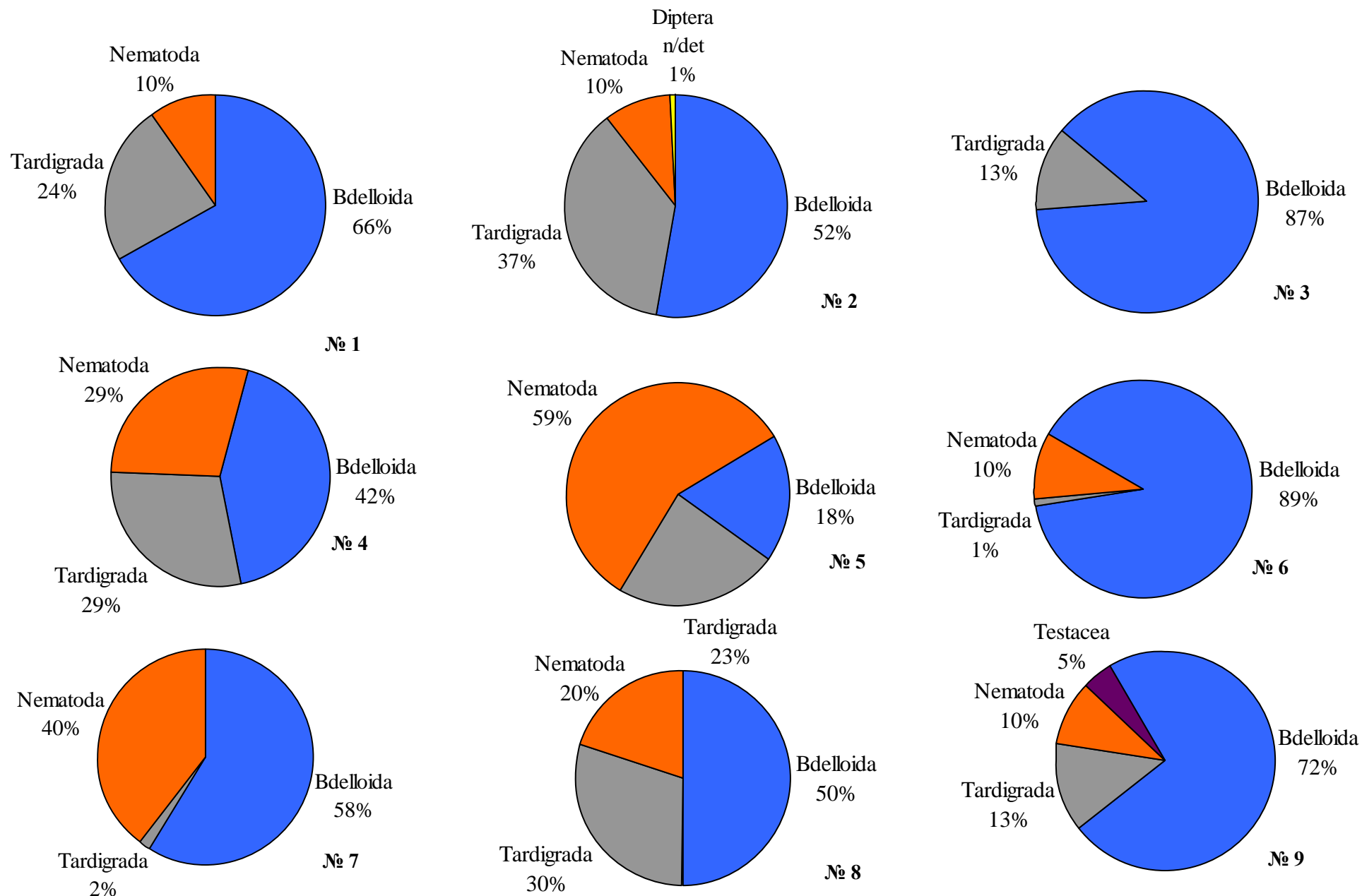


Рис. 29. Относительная численность групп беспозвоночных в исследованных биотопах