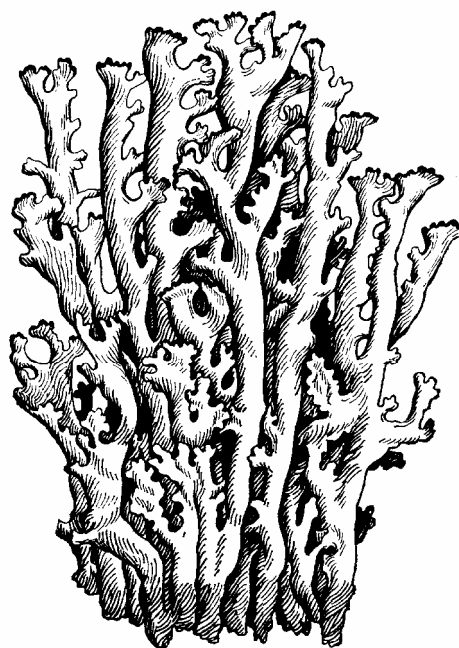


**С. М. Чеснокова**

**ЛИХЕНОИНДИКАЦИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ  
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

**ПРАКТИКУМ**



Владимир 1999

Министерство общего и профессионального образования  
Российской Федерации  
Владимирский государственный университет

Кафедра экологии

С.М. Чеснокова

ЛИХЕНОИНДИКАЦИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ  
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

ПРАКТИКУМ

Владимир 1999

УДК 582.22 (076)  
Ч451

Рецензенты:

Кандидат биологических наук, заведующий кафедрой экологии  
Владимирского государственного педагогического университета

*Л.Л.Кузьмин*

Доктор биологических наук,  
Заместитель директора по научной работе ВНИИСХ

*М.А.Мазиров*

Печатается по решению редакционно-издательского совета  
Владимирского государственного университета

**Чеснокова С.М.**

Ч451 Лихеноиндикация загрязнения окружающей среды:  
Практикум / Владим. гос. ун-т. Владимир, 1999. 38 с.  
ISBN 5-89368-141-X

Содержит сведения по морфологии и анатомическому строению лишайников, способам их размножения, сбора и хранения, и методические рекомендации по выполнению практических заданий по лихеноиндикации.

Пособие предназначено для студентов специальностей экология (01301), охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов (3207), а также биология (0116). Может быть также рекомендовано преподавателям экологии лицеев, колледжей и средних школ, а также учащимся старших классов при проведении исследований по экологии.

Табл. 2 Ил. 6. Библиогр.: 7 назв.  
ISBN 5-89368-141-X

УДК 582.22 (076)

© Владимирский государственный  
университет, 1999

## ВВЕДЕНИЕ

Лихеноиндикация — комплекс методов, позволяющих с помощью лишайников определить общий уровень содержания основных загрязняющих веществ в атмосфере и почве.

Лихеноиндикация, как и все методы биоиндикации, опирается на закон экологической индивидуальности видов. Виды реагируют на определенные факторы внешней среды по-разному. Каждый вид характеризуется индивидуальной толерантностью, индивидуальной экологической амплитудой.

В течение 130 лет развития методов лихеноиндикации накоплен обширный фактический материал, характеризующий реакцию нескольких сотен видов лишайников на антропогенные изменения аэротопа и других компонентов среды. Это позволило создать типологию лишайников на антропогенные изменения аэротопа и других компонентов среды. Это позволило создать типологию лишайников, объединить виды в классы полеотолерантности, т.е. в группы, члены которых более или менее одинаково реагируют на определенные загрязняющие вещества и их концентрацию в атмосферном воздухе и почве. Экологических рядов выносливости (типологии) лишайников в отношении степени загрязненности воздуха составлено множество. Они основаны на регистрации видового состава (жизненности, покрытия и обилия видов) на территориях с различной загрязненностью воздуха.

В 1970г. появилась типология лишайников английских лихенологов Хоксваса и Роуза по их чувствительности к загрязнению атмосферного воздуха диоксидом серы. Она широко используется в последние годы в лихеноиндикации. В нашей стране наиболее популярна типология полеотолерантности Х.Х. Трасса.

Известно, что на антропогенно измененные жизненные условия реаги-

руют не только отдельные виды, но и целые их группировки, образующие биоценозы и их структурные части. Если такие группировки образованы из видов, принадлежащих к одной или нескольким экологически близким жизненным формам и заселяющих более или менее гомогенные части местообитания (экотопа), говорят о синузиях. Так различные синузии образуют лишайники на стволах деревьев, на пнях, скалах, заборах, стенах домов, камнях, почвах. Для индикации загрязнений изучают распространение и экологию не только отдельных видов лишайников, но и их группировок – синузий. По индексам полеотолерантности лишайно-синузий проводят оценку загрязненности различных районов города и лишайнологическое картографирование.

Лишеноиндикация является достаточно точным, простым и дешевым методом исследования окружающей среды, но она не может заменить химических, физико-химических и физических методов мониторинга. Лишь комплексное применение перечисленных методов исследования позволяет получить информацию, всесторонне характеризующую состояние и динамику изменения окружающей среды.

## **1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЛИШАЙНИКОВ**

### **1.1 Морфология и анатомическое строение лишайников.**

Лишайники (Lichenes) – своеобразная группа низших споровых растений, тело (слоевище, таллом) которых образовано разными организмами: грибом (микобионтом) и водорослью (фикобионтом) с преобладанием в большинстве случаев первого. Водоросль снабжает гриб созданными ею в процессе фотосинтеза органическими веществами, а получает от него воду с растворенными минеральными солями. Кроме того, гриб защищает водоросль от высыхания. Такая природа лишайников позволяет им получать питание не только из почвы, но и из воздуха, атмосферных осадков, влаги, росы и туманов, частиц пыли, осаждающихся на слоевищах. По этой причине лишайники обладают уникальной способностью существовать в крайне неблагоприятных условиях, часто совершенно непригодных для других организмов: на голых скалах и камнях, крышах домов, коре деревьев и даже на стекле.

Грибы, входящие в состав лишайников, в основном относятся к сумчатым (пиреномицеты и дискомицеты) и крайне редко к базидиальным.

Фикобионтами лишайников являются преимущественно одноклеточные, реже нитчатые водоросли. Они составляют 10 – 15% всего объема слоевища. Водоросли относятся к зеленым, синезеленым, иногда к желто-зеленым и очень редко к бурым. Из сине-зеленых водорослей чаще всего встречается

ся тробуксия (Trebouxia), которая входит в состав почти половины всех лишайников. Из сине-зеленых водорослей чаще всего присутствует носток (Nostoc). Лишайники – многолетние растения серого, серо-зеленого, желтого, бурого и темно-бурого цветов. Возраст их может достигать десятков, сотен и даже тысяч лет. В силу очень малой скорости накопления органических веществ ежегодный прирост слоевища невелик и составляет в среднем 0,5 – 0,7 мм в год. По внешнему виду талломы лишайников делятся на три группы:

1) накипные или корковые; 2) листоватые; 3) кустистые.

Между ними есть переходные формы

### **1.1.1. Накипные лишайники.**

Накипные лишайники наиболее распространены (около 80% видов), имеют таллом в виде порошкообразного налета или корочки, прочно связанной с субстратом и неотделимой от него. Корочка может быть весьма тонкой (1 – 2 мм), иногда бывает и довольно толстой, достигая в толщину 0,5 сантиметра. Накипные лишайники наиболее примитивная группа.

Как правило, накипные лишайники имеют слоевище, плотно сросшееся с субстратом сердцевинными гифами, но у некоторых лишайников прикрепление к субстрату происходит с помощью подслоевища. Подслоевище чаще всего бывает темной окраски и образовано грибными темно-окрашенными гифами. Оно никогда не содержит водорослей. Черную кайму такого подслоевища нередко можно наблюдать по периферии слоевищ некоторых накипных лишайников или же между гифами ассимиляционного слоевища.

Наиболее примитивный тип накипного слоевища – это слоевище в виде тонкого порошкообразного налета. Оно носит название лепрозного. Лепрозные слоевища состоят из скоплений отдельных комочков – клубочков водорослей, окруженных грибными гифами.

Лепрозные слоевища чаще всего бывают желтоватого или зеленовато-беловатого цвета и нередко покрывают большие поверхности скал или стволов деревьев. Обычно они развиваются во влажных тенистых местах. Их можно встретить на поверхности отвесных скал в узких и темных горных ущельях, в лесах на сырых гниющих пнях, на разлагающихся остатках растений или на поверхности слегка увлажненной почвы.

Более высоко организованное накипное слоевище имеет вид сплошной плотной корочки. Такие слоевища имеют уже дифференцированную струк-

туру: на поперечном срезе можно наблюдать коровой слой, слой водорослей и сердцевину. Корочка этих лишайников может быть цельной, гладкой или иметь неровную поверхность – бородавчатую, бугорчатую, с различными шиповидными выростами. Нередко слоевище бывает поделено мелкими трещинками на отдельные площадочки, одинаковые по форме и размеру. Эти мелкие площадки носят название ареол, а сами слоевища называют ареолированными. Лишайники с ареолированными слоевищами встречаются только на каменистом субстрате.

### **1.1.2. Листоватые лишайники.**

Листоватые лишайники, более высокоорганизованны, имеют вид распростертых по субстрату одной (диаметром до 5 см) или нескольких пластинок, прикрепляющихся к субстрату ризоидами или пучком гиф, называемых ризинами или гомфом, и довольно легко отделяющихся от субстрата без значительного повреждения слоевища. Для них наиболее характерна округлая форма, которая обусловлена горизонтально-радиальным ростом гиф. Молодые слоевища обычно имеют правильную округлую форму, но позднее они начинают неравномерно разрастаться и форма их делается неправильной. Часто форма слоевища определяется характером субстрата. Чем ровнее его поверхность, тем более правильную округлую форму имеют слоевища листоватых лишайников.

Наиболее простое слоевище листоватых лишайников имеет вид одной крупной листовидной пластинки, достигающей в диаметре 10 -12 см. Такая пластинка чаще всего плотная, кожистая, окрашенная в темно-серый, темно-коричневый или черный цвет.

Слоевище, состоящее из одной пластинки, называется монофильным. Монофильное пластинчатое слоевище обычно прикрепляется к субстрату только своей центральной частью, с помощью толстой короткой ножки, называемой гомфом.

Если слоевище лишайника состоит из нескольких листовидных пластинок, то их называют полифильными. Нередко пластинчатое слоевище по краям выемчато вырезано или рассечено на широкие доли (лишайники рода пельтигера (*Peltigera*)). Во влажных старых тенистых лесах на стволах деревьев или мшистых скалах растут причудливо вырезанные крупнолистоватые лишайники рода лобория (*Loborgia*) и стикт (*Sticta*). Эти лишайники довольно рыхло прикрепляются к субстрату всей своей нижней поверхностью, свободными остаются только приподнимающиеся кверху края.

Более сложными по строению являются листоватые слоевища, расчлененные на множество мелких лопастей. Эти лопасти бывают самого

разного размера и формы. Как правило, они собраны в округлые розетки, но иногда образуют слоевища неопределенных, бесконечно разнообразных форм – по внешнему облику напоминают искусно сплетенные кружева, окутывающие разноцветным чехлом стволы и ветви деревьев, скалы, стены зданий (*Hypogymnia physodes*, *Xantoria parietina*).

Характерной особенностью листоватого слоевища лишайников является его дорсовентральное строение, при котором верхняя поверхность отличается по строению и окраске от нижней. Например, у лишайников (*Peltigera*) верхняя сторона слоевища сероватая или серовато-коричневая, гладкая или слегка шероховатая, а нижняя – беловатая, розоватая, в центре нередко черно-серая, войлочная, с многочисленными жилками и лохматыми тяжами прикрепленных гиф. У видов рода гипогимния (*Hypogymnia*) верхняя сторона гладкая, серая, а нижняя – черная.

В отличие от накипных лишайников, слоевище которых целиком плотно срастается с субстратом, листоватые лишайники обычно довольно рыхло с ним связаны и в большинстве случаев могут быть легко от него отделены. Только некоторые виды рода гипогимния, прикрепляются к субстрату прямо нижним коровым слоем.

### **1.1.3. Кустистые лишайники.**

Кустистые формы – наиболее высокоорганизованные лишайники. Они обладают верхушечным ростом и представляют собой кустики, образованные тонкими ветвящимися нитями, стволиками или мягкими разветвленными лентами. Часто прикрепляются к субстрату лишь основанием (ризоидами или псевдогомфом) и растут от него вертикально вверх или свисают вниз. Размеры их варьируют от нескольких миллиметров до 30 – 50 см, а в таежных лесах до 7 – 8 м (например, *Usnea longissima*).

Верхушечный рост позволяет кустистым лишайникам путем изгиба веточек в разные стороны занимать наилучшее положение, при котором водоросли могут максимально использовать свет для процесса фотосинтеза. Прямостоящие напочвенные кустистые лишайники чаще всего прикрепляются к почве тонкими нитевидными ризоидами. Прикрепление свисающих слоевищ кустистых лишайников к коре дерева или поверхности скал происходит с помощью псевдогомфа. Последний имеет вид короткой ножки, расширенной на конце в небольшую пяточку.

Слоевища кустистых лишайников чрезвычайно разнообразны по форме. Наиболее простые имеют вид отдельных прямостоячих неразветвленных выростов, но чаще кустистые лишайники бывают разветвленными и образуют слоевище в виде густых компактных дерновинок. Такую форму имеют многие лесные и тундровые напочвенные лишайники. Кустистые слое-



вища эпифитных лишайников обычно имеют вид лохматого кустика. Среди кустистых лишайников встречаются слоевища с плоскими и округлыми лопастями. Более примитивным является слоевище с плоскими лопастями. Эти слоевища близки к листоватым лишайникам. Имеется много переходных форм между листоватыми и кустистыми лишайниками. Своеобразной переходной формой между листоватыми и кустистыми лишайниками являются слоевища рода кладония (*Cladonia*) – широко распространенных напочвенных кустистых лишайников сосновых лесов.

#### 1.1.4. Анатомическое строение лишайников.

По анатомическому строению слоевища лишайников делят на гомеомерные и гетеромерные рис.1

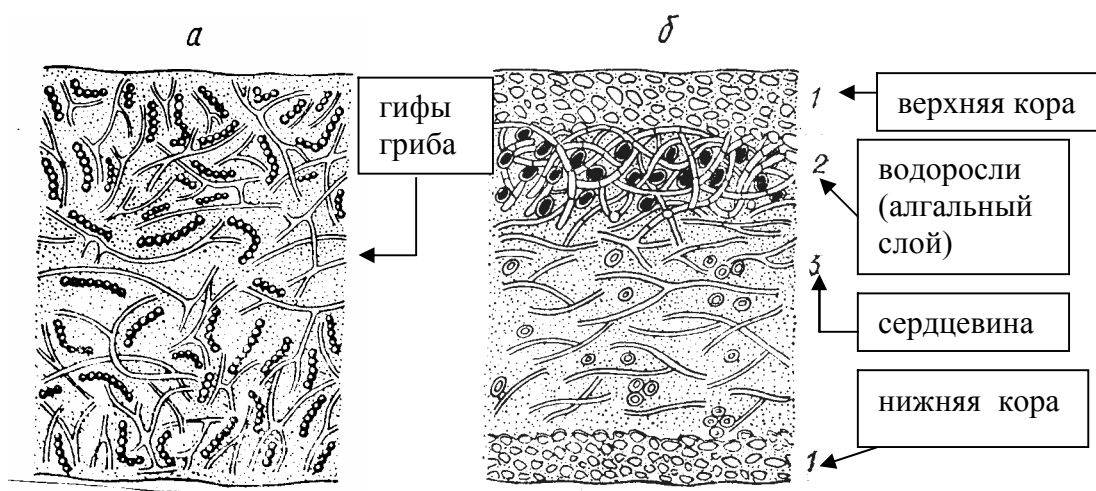


Рис.1 Разрез гомеомерного (а) и гетеромерного (б) слоевища;

У гомеомерных лишайников слоевище представляет собой рыхлое сплетение гиф гриба, среди которых более или менее равномерно располагаются клетки или нити водорослей. Такое примитивное строение слоевища характерно для накипных и небольшой части листоватых и кустистых лишайников.

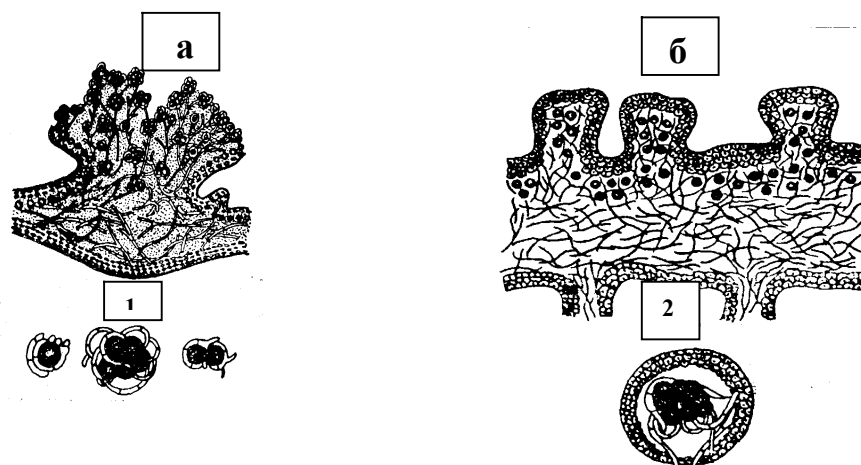
Гетеромерное строение характеризуется наличием в слоевище дифференцированных слоев, каждый из которых выполняет определенную функцию. Сверху слоевище покрыто верхней корой, сформированной плотным сплетением грибных гиф. Под корой между более рыхло сплетенными гифами размещаются 1 – 2 слоя водорослей. Далее располагается сердцевина, состоящая из грибных гиф с большими пустотами, заполненными воздухом. Снизу у большинства видов слоевище покрыто нижней корой. Из сердцевины через нижнюю кору проходят пучки грибных гиф

(ризидии), с помощью которых лишайники прикрепляются к субстрату.

## 1.2. Размножение лишайников.

Размножаются лишайники, главным образом, вегетативным путем – фрагментами слоевища, а также особыми специализированными вегетативными образованиями – соредиями и изидиями (рис.2)

Соредии формируются под верхней корой в алгальном слое и состоят из одной или нескольких клеток водорослей, сплетенных гифами гриба. Под давлением разросшейся массы многочисленных соредий корковый слой разрывается и соредии выходят на поверхность таллома в виде соралей (мельчайших образований), откуда они разносятся ветром, каплями дождя, животными и человеком. Попав на новый субстрат соредии развиваются в новые талломы лишайников



*Рис.2 Строение соралей (а) и вертикальный разрез слоевища лишайника с изидиями (б); 1,2 – отдельные соредии и изидии.*

Изидии представляют собой мелкие выросты слоевища в виде палочек, бугорков, покрытых снаружи корой и состоящих из нескольких клеток водорослей, оплетенных гифами гриба. Изидии отламываются и прорастают в слоевище лишайника на новом субстрате. Наличие или отсутствие соредий (соралей) или изидий, их расположение, форма, окраска (соралей) являются признаками, используемыми в систематике лишайников. У видов, образующих соредии или изидии, гриб лишайника обычно не образуется примерно 30% лишайников, изидиями – 15%.

При половом размножении на слоевищах лишайников образуются плодовые тела (апотеции, перитеции или гастротеции), внутри которых развиваются сумки со спорами (рис.3)

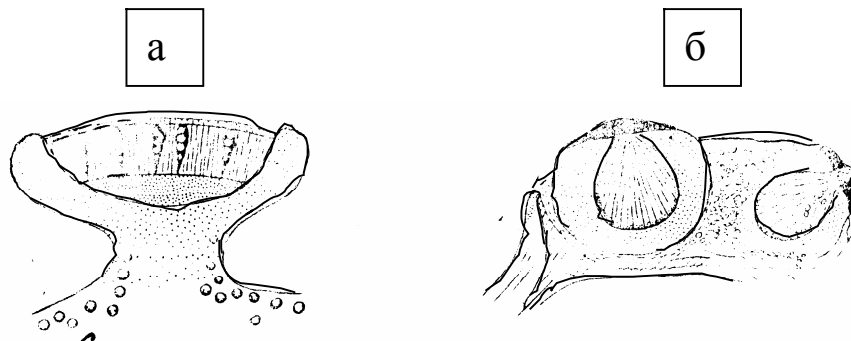


Рис.3 Вертикальный разрез апотеция (а) и перитеция (б)

Споры лишайников (рис. 4) очень разнообразны по форме и строению. Они бывают одно-, двух- и многоклеточными. Размеры их колеблются от 1,5 до 300 мкм. Количество спор, образующихся в плодовых телах огромно, так как для выживания вида и расселения его вширь необходимо большое количество спор.

По данным чешского лишайнолога А. Гилитцера, из одного апотеция сорорины мешочковидной за день выбрасывается 1200 - 1700 спор. Большинство лишайников имеют открытые дисковидные плодовые тела (апотеции), края которых имеют вид округлого валика, одевающего диск с боков и снизу. По строению различают леканоровые, лецидиевые и биаторовые апотеции.

Эти названия произошли от латинских названий родов лишайников: леканора - *Lecanora*, лецидея - *Lecidea*, биатора - *Biatoga*.

Леканоровые апотеции имеют внутри валика водорослевый слой, лецидеевые не содержат водорослевого слоя, по цвету - черные, а по консистенции - твердые. Биаторовые мягкие апотеции - ярко окрашенные, и валик не отличается от диска по цвету.

Перитеции - кувшинообразной формы, погружены в слоевище и на поверхности выходят в виде узкого отверстия.

Гастротеции имеют удлиненные апотеции с узкими, простыми или разветвленными щелями.

Образование плодовых тел идет очень долго около 4 – 10 лет, а спороноят лишайники в течение сотен лет. Особенности плодовых тел и спор имеют большое значение в систематике лишайников.

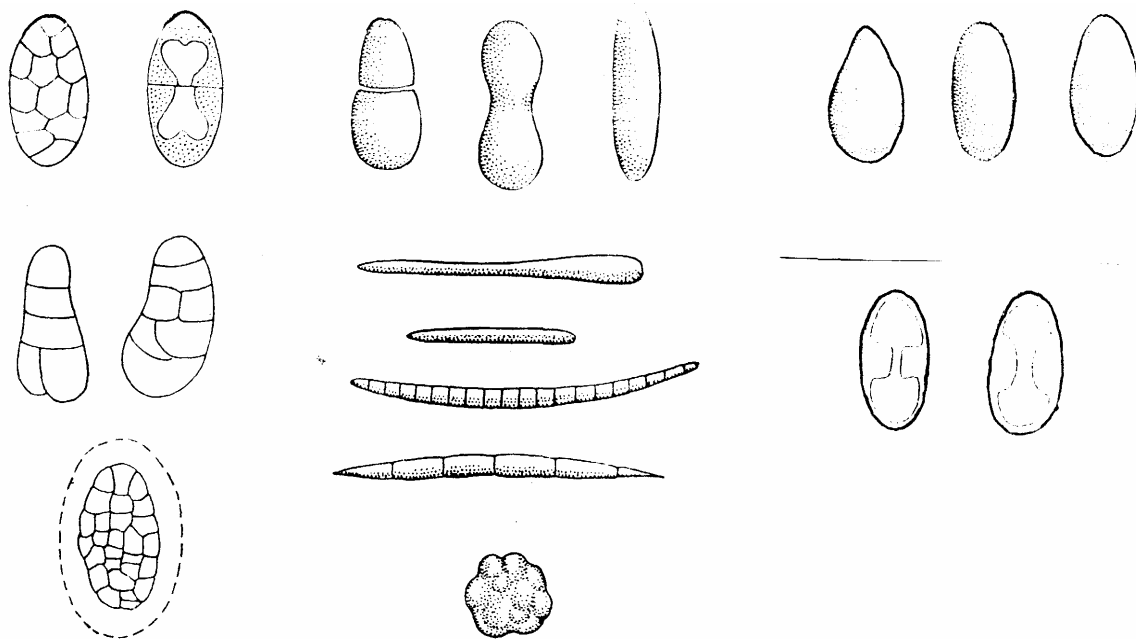


Рис.4. Различные формы и строение спор лишайников

### 1.3. Экологические группы лишайников.

По отношению к субстрату и другим условиям местообитания различают несколько экологических групп лишайников: эпилитные, эпигейные, эпифитные, эпифильные, эпиксильные.

Эпилитные лишайники развиваются на камнях. Эпилитные лишайники встречаются среди накипных (ризокарпон - *Rhizocarpon*, лецидея - *Lecidea*, леканора - *Lecanora* и др.), листоватых (пармелия — *Parmelia*, цетрария — *Cetraria*, ксантория — *Xantoria*) и кустистых (алектория *Alectoria*, рамалина *Ramalina*).

Эпигейные лишайники произрастают, как правило, на бедных питательными веществами почвах (песках, торфяниках), непригодных для произрастания других растений.

Эпифитные лишайники развиваются на стволах деревьев и кустарников. Наиболее часто среди эпифитных лишайников встречаются листоватые и кустистые виды (*Parmelia*, *Cetraria*, *Usnea*).

Эпифильные лишайники развиваются на хвое и листьях вечнозеленых растений и встречаются, в основном, в тропиках, субтропиках.

Эпиксильные лишайники встречаются на гниющей древесине. Их видо-

вой состав обычно близок к флоре лишайников других субстратов данной местности.

## **2. ЛИХЕНОИНДИКАЦИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

### **2.1. Классификация методов лишайноиндикации.**

Один из ведущих лишайнологов Х.Х.Трасс разделил методы лишайноиндикации на 3 группы:

- методы, основанные на изучении изменений, происходящих в лишайниках под влиянием загрязнений;
- методы, основанные на изучении изменений видового состава лишайников, происходящих под влиянием загрязнений;
- методы изучения лишайниковых сообществ в загрязненных районах и составление специальных карт.

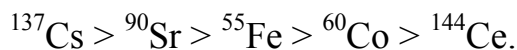
При использовании методов первой группы выбирают индикаторный вид, наиболее чувствительный к какому-либо загрязнению и следят за такими параметрами растения как кислотность и электропроводность клеточного сока, содержание хлорофилла в лишайниковых водорослях, содержание серы, железа, ртути, кадмия и других поллютантов в слоевище лишайника и т.д.

Для изучения воздействия различных загрязнителей на лишайники широко используются различные способы трансплантации - искусственного переноса лишайников из чистых в загрязненные территории. Напочвенные лишайники переносят вместе с почвой, вырезая участки размером 20х20 см или 50х50 см. Кустистые виды можно переносить в специальных пластмассовых горшочках или подвешивать в сеточках. Эпифитные виды переносят вместе с ветками или кусочками коры, на которых они росли. В зависимости от того, как быстро появляются различные изменения у самых чувствительных видов судят о силе антропогенного воздействия.

В загрязненном районе кору и ветки с лишайниками прикрепляют на деревья тех же пород, что и деревья, с которых они были взяты или на специальные доски и столбы. Пересадка дает сведения об индивидуальной устойчивости видов к конкретным загрязнителям или их комбинациям. Для объективной оценки воздействия отдельных загрязнителей на лишайники ставят специальные лабораторные опыты, при проведении которых лишайники подвергаются воздействию загрязняющего вещества в разных концентрациях и с различной продолжительностью экспонирования. Установлено, что лишайники могут накапливать в своем слоевище более тридцати различных элементов: Hg, Cd, Fe, Pb, F, As, Se, Cu, Zn, V, Cr, Sr и

др. Равновесие между содержанием элементов в лишайнике и в окружающей среде достигается примерно за 15 месяцев.

Установлено, что лишайники интенсивно накапливают радионуклиды ( в десять раз больше, чем травянистые растения). По степени накопления лишайниками радионуклиды располагаются в убывающем порядке следующим образом:



Кустистые лишайники накапливают больше изотопов, чем листоватые или накипные, поэтому для контроля за радиоактивностью в атмосфере лучше использовать именно эти виды. Напочвенные лишайники накапливают в основном цезий и кобальт, а эпифиты - преимущественно стронций и железо.

Выносливость лишайников, относящихся к различным систематическим группам, при действии на них воздушных загрязнений не одинакова. Чем выше концентрация загрязняющих веществ в воздухе, тем беднее видовой состав лишайников.

## 2.2. Шкалы полеотолерантности лишайников.

По реакции к загрязнению воздуха виды лишайников делят на три категории:

- 1) самые чувствительные, исчезающие при первых симптомах загрязнения;
- 2) среднечувствительные, приходящие на смену погибшим чувствительным видам, с которыми они не могли конкурировать, пока воздух был чистым;
- 3) самые выносливые, к загрязнению (накипные лишайники из рода леканора и листоватые из родов ксантория и фисция).

На основе индивидуальных особенностей лишайников были разработаны шкалы полеотолерантности лишайников для различных стран (Англия, Норвегия, Голландия, Австрия, Эстония).

Шкала полеотолерантности эпифитных лишайников Эстонии

(Х. Трасс) включает десять классов (см. Прил.1). В 1-й, 2-й и 3-й классы входят лишайники, встречающиеся только в природных ландшафтах (в лесах, болотах, вдали от населенных пунктов) и в слабо окультуренной местности (в лесных массивах рядом с населенными пунктами, лугах). В 4-й, 5-й и 6-й классы включены лишайники, более или менее часто встречающиеся в умеренно окультуренном ландшафте (поселках, малых городах, парках, окрестностях больших городов и кладбищах). Классы 7 – 10 объединяют те виды лишайников, которые распространены в сильно

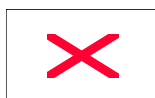
окультуренных районах (средних и больших городах).

Для того, чтобы установить местную принадлежность вида к классу полеотолерантности, все его местонахождения распределяются по типам местообитаний (см. приложение1). Когда все данные об определенном виде распределены по типам местообитаний, вырисовывается кривая локального «поведения» вида на обобщенной трансекте от чистых до загрязненных местообитаний. Классом полеотолерантности данного вида считается тот класс, где вид наиболее часто встречается и имеет наивысшее покрытие и жизнеспособность.

### 2.3. Индексы полеотолерантности лишеносинузий.

В конце 60-х годов в Эстонии и Канаде были разработаны методы лишеноиндикационного картирования загрязненности атмосферного воздуха на основе изучения лишайниковых группировок (синузий) и вычисления индексов полеотолерантности, отражающих влияние загрязнения на лишайники.

Индекс полеотолерантности (ИП) вычисляется по формуле:



где  $n$  - количество видов на площадке описания,  $a_i$  - класс полеотолерантности вида,  $c_i$  - покрытие вида,  $C_n$  суммарное покрытие видов. Индекс полеотолерантности вычисляется на деревьях для четырех небольших площадок (40 × 40) в двух экспозициях (в направлении источника загрязнения и на противоположной стороне ствола) на двух высотах (у основания ствола и на высоте 1,4-1,6 м). Для описания лишайников отбираются деревья диаметром ствола 0,5 -1 м. Следует избегать придорожные деревья, так как лишайники на этих деревьях подвергаются дополнительному воздействию антропогенных факторов, по сравнению с деревьями, растущими далеко от дорог. Оценка покрытия дается по 10-ти бальной шкале (табл.1).

Таблица 1.

Шкала покрытия вида (ов)

Балл	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Оценка покрытия, %	1-3	3-5	5-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-80	80-100

Значения ИП колеблются между 0 и 10. Чем больше значение ИП, тем более загрязнен воздух в соответствующем местообитании. В зависимости от точности работы на индикационных картах можно выделить различное число изотоксичных зон.

Значения ИП, скоррелированные со средним годовым содержанием SO<sub>2</sub> в воздухе, представлены в таблице 2.

Таблица 2

Индексы полеотолерантности (ИП) и средние годовые концентрации SO<sub>2</sub>

ИП	Концентрация SO <sub>2</sub> , мг/м <sup>3</sup>	Зона
1-2	-	Нормальная
2-5	0,01 - 0,03	Смешанная
5-7	0,03 - 0,08	Смешанная
7-10	0,08 - 0,10	Борьбы
10	0,10 - 0,30	Борьбы
0	> 0,3	“Лишайниковая пустыня”

Лихеноиндикационные исследования должны включать следующие основные этапы:

- изучение всей флоры лишайников территории и ее ближайших окрестностей; на основе повторных инвентаризаций флоры устанавливаются изменения состояния атмосферы;
- составление лихеноиндикационной карты на основе анализа эпифитных лишеносинузидий и вычисления индексов полеотолерантности;
- заложение постоянных площадок для слежения за изменением различных биологических, физиологических и биохимических параметров у тест-видов (скорость роста, интенсивность роста, интенсивность газообмена, состояние фотосинтезирующего аппарата и др.) площадки закладываются в различных по состоянию загрязнения атмосферы зонах;
- опыты по трансплантации; для трансплантации эпифитных лишайников используются диски коры деревьев диаметром 4 - 6 см; наблюдения проводятся за анатомо-морфологическими, физиолого-биохимическими и биологическими признаками, изменяющимися под влиянием загрязняющих веществ.

#### 2.4. Определение скорости роста лишайников.

В процессе роста накипные и листоватые лишайники равномерно увели-



чиваются по краям, образуя округлые слоевища. Кустистые лишайники чиваются по краям, образуя округлые слоевища. Кустистые лишайники постоянно растут верхушками в длину.

Существует множество методов определения скорости роста лишайников. Наиболее простой метод - ежегодные измерения радиуса слоевища. Приложив к лишайнику кусок кальки или прозрачной пленки, наносят на нее его контур ежегодно или через определенные интервалы времени (рис.5).

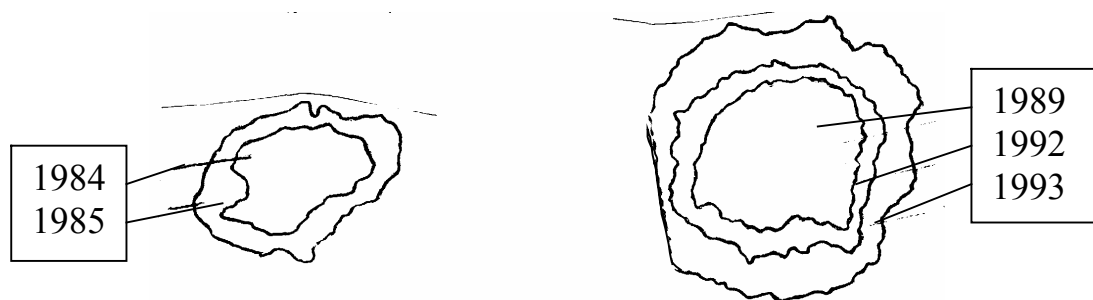


Рис.5. Измерение роста лишайников

Наиболее точный метод - проведение фотосъемки участка, покрытого лишайниками, через определенные интервалы времени. Возраст лишайников - эпифитов часто определяют по годичным кольцам ветвей дерева-хозяина. Зная скорость роста и размеры лишайников, можно определить возраст субстрата, на котором они растут. Этот метод получил название лихенометрии. Лихенометрические расчеты проводятся с поправкой на различие скорости роста лишайников в течении их жизни: в большинстве случаев у молодых растений слоевище увеличивается быстро, с ускорением, затем следует продолжительный период постоянного небольшого прироста слоевища, который происходит с одинаковой скоростью. В неблагоприятных условиях среды период быстрого роста может совсем отсутствовать. Максимальный рост, как и наиболее интенсивный фотосинтез, наблюдаются при достаточной влажности, освещенности и умеренных температурах, т.е. весной и осенью.

Скорость роста различна у разных видов. Например, умбиликария цилиндрическая увеличивается на 0,01 - 0,04 мм в год, а пельтигера рыжеватая - на 25 - 27 мм. Более крупные лишайники растут быстро.

Существенное влияние на развитие лишайникового слоевища, начиная с начального его этапа, оказывает загрязнение атмосферы или почвы.

Особенно чувствительны к загрязнению атмосферы прорастающие споры лишайников. При больших концентрациях диоксида серы в атмосферном воздухе лишайники преждевременно стареют. Симптомы старения описаны на примере листоватых лишайников пармелии скальной, пармелии ярко-зеленеющей и ксантории настенной. Колонии этих растений приобретают специфическое очертание полумесяца, потому что центральные части их слоевищ отстают от субстрата и выпадают, хотя края лопастей скорости роста не снижают. Обычно по мере приближения к источнику загрязнения слоевища лишайников становятся толстыми, компактными и почти совсем утрачивают плодовые тела, зато обильно покрываются соредиями. Дальнейшее загрязнение атмосферы приводит к тому, что лопасти лишайников окрашиваются в беловатый, коричневый или фиолетовый цвета, их талломы сморщиваются и растения погибают.

Изменению внешнего вида лишайников способствует накопление некоторых металлов в слоевищах. Так, при накоплении железа слоевище лишайников приобретает коричневый оттенок, меди - зеленый.

На высокие концентрации цинка разные лишайники реагируют по-разному. Например, у кладонии шиловидной подеции становятся раздутыми, с искривленными чешуйками. Другой лишайник, дихлосхистес неровный, при концентрации цинка, превышающей 9% на 1 кг сухого вещества растения, лишь слегка темнеет.

Изучение лишайниковой флоры в городах и вблизи от крупных промышленных объектов показало, что некоторые лишайники удивительно устойчивы к загрязнению. Так, леканора конизоидная распространена именно в промышленных районах и вне городов почти не встречается. Очень выносливы к загрязнению леканора хагена и некоторые цетрарии.

### **2.5. Способы сбора и сушки лишайников для гербария и коллекций**

Лишайники, в отличие от высших растений, можно собирать для гербария круглый год. Можно собирать различные виды лишайников, растущих на почве, скалах, камнях, деревьях и т. д. В зимний период можно собирать эпифитные лишайники, обитающие на стволах и сучьях лиственных и хвойных пород, а также напочвенные накипные лишайники, если они не занесены снегом. Собирать лишайники значительно проще, чем другие растения, так как не приходится терять много времени на сушку. Для сбора лишайников используется обычное оборудование, применяемое для гербаризации растений. Кроме того, необходимы нож для срезания со стволов деревьев тонких кусочков коры с прикрепленными к ней эпифитными лишайниками, геологический молоток или зубило с обычным тяжелым молотком для откалывания от камней и скал небольших частей породы с на-

кипными лишайниками, картонные коробки разных размеров, мягкая бумага, вата для завертывания некоторых образцов, шпагат или нитки, карманная лупа с 8 - 10-кратным увеличением, простой карандаш, бумага для этикеток. Под лупой надо внимательно рассмотреть поверхность субстрата - обнажение горной породы или ствола дерева и т.д., с которой производится сбор лишайника, так как мелкие накипные формы без лупы очень легко просмотреть. Лупа нужна и для того, чтобы выбрать хорошо развитые плодоносящие растения. Собранные лишайники необходимо сразу на месте упаковать. Для этого их вкладывают в заранее заготовленные пакеты (конверты) таким образом, чтобы в один пакет помещались лишайники только из одного местообитания: с одного участка ствола, скалы и т.д. Таких пакетов с лишайниками с одного местообитания может быть несколько. Пакеты легко приготовить самим. Пакеты с лишайниками лучше всего закладывать между листами гербарной бумаги в папку или прямо в рюкзак. Каждый образец сразу же этикетуется: указывается район, область, условия местообитания, характер субстрата, дата, год и фамилия коллектора. Чем подробнее записи, тем ценнее сборы.

Собранные лишайники (листоватые, кустистые) сушатся как цветковые растения под прессом или на воздухе (для музейных коллекций). В последнем случае хранение лишайников затруднено, так как они легко ломаются и крошатся. Лишайники сохнут хорошо и, как правило, не изменяют своей окраски. Лучше всего листоватые и кустистые лишайники собирать в пасмурную погоду, когда их слоевища эластичные и мягкие. Лишайники, собранные в сухую погоду, перед сушкой следует слегка смочить водой для придания им эластичности. Накипные лишайники следует брать вместе с кусочками субстрата, на котором они растут. Труднее собирать мелкие накипные напочвенные лишайники. Их следует брать вместе со слоем почвы, но почва, подсыхая, легко рассыпается при сдавливании, при трении, поэтому такие образцы лучше заворачивать в мягкую бумагу и плотно укладывать в пустые спичечные или папиросные коробки.

Если субстрат (почва) влажен, его следует просушить на воздухе, иначе лишайник покроется мицелием гриба и испортится.

Эпифитные лишайники следует собирать вместе с перидермой, делая срезы как можно тоньше. В этикетке, кроме обычных сведений, надо указать название древесной породы и на какой высоте взят образец лишайников. Если название дерева или кустарника неизвестно, следует взять также побег растения с листьями для определения. Высушенные и идентифицированные лишайники перекладываются в чистовые гербарные пакеты; 2 - 3 таких конверта с одним видом, желательно даже одной разновидности, лишайники нижней стороной приклеиваются к гербарному листу бумаги

один над другим. К верхней полосе конверта подклеивают этикетку, на которой указываются: название лишайника и семейство, место и время сбора, фамилия коллектора и лица, определившего образец. Мелкие почвенные лишайники с субстратом и накипные лишайники, растущие на камнях лучше хранить в низких коробках, наклеенных на толстые листы гербарной бумаги (полукартон). Крупные камни с накипными лишайниками следует хранить в отдельных коробках. Гербарные листы по видам лишайников либо складываются в папки, либо укладываются в пачки, помещаемые в гербарии по системе.

### 3. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАДАНИЯ

#### ЗАДАНИЕ 1

##### **Изучение морфологии и анатомии лишайников**

*Оборудование и материалы.*

Определитель лишайников.

Гербарные образцы лишайников.

Микроскоп.

Лупа.

Препаровальные иглы.

Ножи.

Для успешного проведения лихеноиндикации студентам нужны знания морфологии, анатомии и систематики лишайников. Для этого необходимо:

1. Изучить на гербарных образцах и зарисовать внешний вид накипных, листоватых и кустистых лишайников.
2. Изучить на готовых препаратах поперечных срезов таллома анатомическое строение слоевища различных типов лишайников и сделать соответствующие зарисовки.
3. Рассмотреть под микроскопом постоянный препарат среза через слоевище ксантории, определить тип анатомического строения, зарисовать и обозначить его составные части.
4. Рассмотреть при малом увеличении микроскопа постоянный препарат среза через апотеций кладонии или ксантории, определить тип апотеция, зарисовать и обозначить его составные части.
5. Рассмотреть под микроскопом или с помощью лупы таллом кладонии или эвернии с соредиями (соралиями). Приготовить препарат соредий, рассмотреть их при малом и большом увеличении микроскопа и зарисовать.

## ЗАДАНИЕ 2

### Изучение встречаемости лишайников на различных участках территории города (населенного пункта).

*Оборудование и материалы.*

Определитель лишайников.

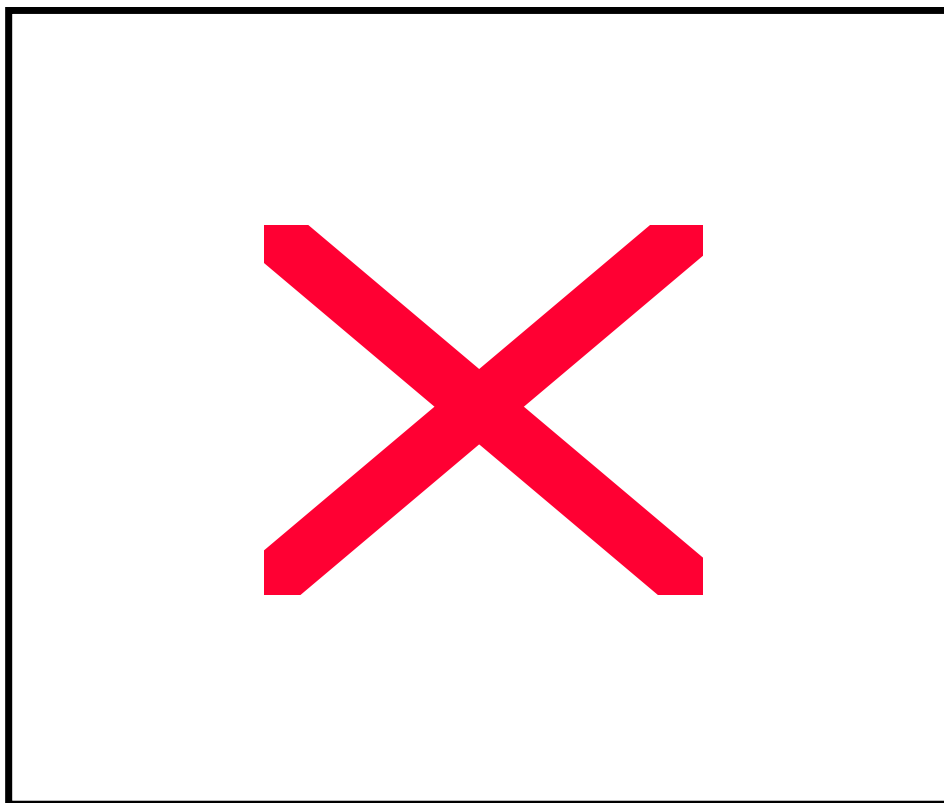
Гербарные образцы лишайников.

Ножи и ножницы, кусочки картона.

Пакетики для сбора материала.

На первом этапе лишеноиндикации территория города (поселка) условно делится на несколько участков (районов) с учетом приоритетных источников загрязнения и производится приблизительный учет всех видов лишайников каждого участка. В таких исследованиях не стремятся получить точные сведения о видовом составе и численности лишайников, а лишь по оценке их обилия определяют наиболее загрязненные районы и условно чистые территории. Чем чище воздух тем больше видовое разнообразие лишайников, интенсивнее их рост. Для выполнения этого исследования необходимо выполнить следующие работы:

1. Собрать на выделенных участках лишайники, поместив каждый вид, в отдельный пакет и снабдив его этикеткой по установленной форме.
2. Определить в лаборатории полученные сборы с помощью определителей и гербарных материалов. Для каждого вида дать морфологическую характеристику: максимальный размер таллома (слоевища), субстрат, место расположения на субстрате и т.д.
3. Оценить степень загрязнения воздуха на изучаемых территориях по встречаемости и видовому составу лишайников (рис.6)
4. Сформулировать и записать выводы о влиянии соответствующего стационарного источника загрязнения на окружающую среду. Выделить районы с одинаковой степенью загрязнения воздуха.



*Расстояние от центра города(источника загрязнения)*

*Рис.6 Убывание числа лишайников по мере приближения к центру города Ньюкасла(Англия).*

1. На верхних частях стен из песчаника;
2. На крышах с асбестовым покрытием;
3. На коре ясеня;
4. Общее число видов;

### **ЗАДАНИЕ 3**

#### **Определение площади покрытия стволов деревьев лишайниками**

*Оборудование и материалы.*

Определитель лишайников.

Деревянные рамки 40×40см и 10×10см, разделенные на ячейки по 1 см<sup>2</sup>;

Блокнот.

Лупа.

После предварительной оценки степени загрязнения различных районов проводится определение площади покрытия отдельных видов лишайников, характерных для данного района, Как правило, в районах с высоким

уровнем загрязнения воздуха определяют площадь покрытия деревьев и кустарников накипным лишайником леканора коричневая.

Для среднего уровня загрязнения воздуха используют информацию о листоватом лишайнике гипогимния вздутая или пармелия бороздчатая.

При выполнении этого задания необходимо:

1. Осмотреть деревья на выбранном участке. Найти 3 - 4 дерева одинакового диаметра и примерно средней плотности заселения стволов лишайниками.
2. На стволах этих деревьев выбрать по 2 - 3 площадки размером 10×10 см или 40×40 см с северной и южной сторон (либо со стороны источника загрязнения и с противоположной). Каждая из площадок должна иметь среднюю плотность (густоту) заселения для данной стороны ствола.
3. На выбранные площадки наложить соответствующие рамки и определить площадь, занятую всеми видами лишайников и изучаемым видом на данном дереве, в процентах.

#### **ЗАДАНИЕ 4**

### **Определение индекса полеотолерантности лишайносинузий и составление карты загрязнения воздуха города (населенного пункта)**

*Оборудование и материалы.*

Циркуль.

Микрокалькулятор.

Деревянные рамки 40×40см и 10×10см, разделенные на ячейки по 1 см<sup>2</sup>;

Определитель лишайников.

Лупа

Блокнот

Линейка

Многочисленные лишайноиндикационные исследования, проведенные в разных городах, показали, что наиболее объективные результаты оценки уровня загрязненности воздуха можно получить лишь при изучении лишайниковых группировок - лишайносинузий. При этом для каждой конкретной синузии на основе класса полеотолерантности, видового состава и покрытия определяют индекс полеотолерантности. Для выполнения данной работы студенты должны выполнить предыдущие задания. Определив на различных участках индексы полеотолерантности лишайносинузии, легко составить карты загрязненности городов и населенных пунктов, отмечая на ней одинаковой краской или условными знаками районы города, в преде-

лах которых индексы полеотолерантности колеблются в одинаковой амплитуде.

Применение индекса полеотолерантности лишеносинузий для оценки загрязненности воздуха позволяет быстро и достоверно установить основные изотоксические зоны городов.

## ЗАДАНИЕ 5

### Исследование влияния загрязнения почвы тяжелыми металлами на кустистые лишайники рода *Cladonia*.

*Оборудование и реактивы*

Спектрометр или атомно-абсорбционный спектрофотометр.

Муфельная печь.

Лупа или микроскоп.

Лабораторный сушильный шкаф.

Аналитические весы.

Нож столовый или лопата.

Пластмассовые кюветы, 20 x20 см.

Пластмассовые баночки (стаканчики) диаметром 10 см, и 5 см.

Раствор соли Cu, содержащий 1 мг  $Cu^{2+}$ /мл.

Раствор соли Zn, содержащий 1 мг  $Zn^{2+}$ /мл.

Раствор соли Cr(VI), содержащий 1 мг Cr(VI)/мл.

Раствор соли Ni, содержащий 1 мг  $Fe^{3+}$ /мл.

Определитель лишайников.

Лишайники рода *Cladonia* в средней полосе России встречаются в хвойных лесах. В лесу находят участки с несолькими видами рода *Cladonia*. Выбранные лишайники переносят вместе с почвой в пластмассовые кюветы или стаканчики. вырезают участки размером 20x20 см или 10x10 см. Собранные образцы идентифицируют, снабжают необходимыми этикетками и помещают в достаточно хорошо освещенном месте лаборатории, где не хранятся легколетучие химические реактивы. Из собранного материала отбирают по двадцать одинаковых по размеру экземпляров каждого вида и взвешивают на аналитических весах. Все растения пересаживают вместе с почвой в пластмассовые баночки.

Шесть баночек с лишайниками используют в качестве контрольных, а остальные - как рабочие (исследуемые). Наблюдения за лишайниками проводят в течение 3 - 4 месяцев. В почву с контрольными растениями один раз в неделю вносят по 10 мл отстоянной водопроводной воды. В баночки с



исследуемыми лишайниками еженедельно вносят по 10 мл раствора соли какого-либо металла. Ежемесячно регистрируют изменения в образцах лишайников, обрабатываемых тяжелыми металлами и сравнивают с контрольными. Каждый месяц взвешивают контрольные и рабочие экземпляры на аналитических весах и делают вывод о влиянии тяжелых металлов на биометрические показатели лишайников, а также проводят определение тяжелых металлов в слоевищах лишайников.

По окончании эксперимента делают выводы о чувствительности изучаемых лишайников к тяжелым металлам, биоаккумуляции тяжелых металлов лишайниками рода *Cladonia* и возможностях использования этих видов для биотестирования почв, загрязненных токсичными металлами.

### **ЗАДАНИЕ 6.**

#### **Исследование влияния кислотных осадков и фторид-ионов на кустистые лишайники рода *Cladonia*.**

##### *Оборудование и материалы:*

Иономер со стеклянным, хлорсеребряным и фторид-селективным электродами.

Муфельная печь.

Ножи.

Лабораторный сушильный шкаф.

Пластмассовые кюветы 20x20см и стаканчики.

Лупы или микроскоп.

Разбрызгиватель жидкости.

Кислотные осадки с различными значениями рН и соотношениями серной и азотной кислот.

Раствор фторида натрия, содержащий 1 мгF/мл.

Определитель лишайников.

С выбранных участков леса различные виды лишайников рода *Cladonia* переносят вместе с почвой в пластмассовые кюветы или стаканчики, снабдив собранные экземпляры соответствующими этикетками. В лаборатории биомониторинга проводят идентификацию видов с помощью определителя и гербария лишайников и размещение отобранных экземпляров для исследования в подготовленные стаканчики одинакового размера.

Шесть стаканчиков с лишайниками одного вида используют в качестве контрольных, а остальные 10 - 12 экземпляров - как рабочие (исследуемые).

Контрольные образцы лишайников один раз в десять дней обрабатывают 20 мл отстоянной водопроводной воды. Одновременно рабочие образцы обрабатывают одинаковыми объемами кислотных осадков известного состава и рН или раствором фторида натрия.

Обработку лишайников кислотными осадками или фторидом натрия

проводят не менее 6 - 8 месяцев, ежемесячно регистрируя изменения в слоевищах рабочих образцов по сравнению с контрольными.

По окончании эксперимента определяют содержание фторид-ионов в слоевищах лишайников и их кислотность. Обобщив данные анализов и наблюдений, делают выводы о чувствительности изученных видов лишайников рода *Cladonia* к кислотным осадкам и фторид-ионам и о возможности использования этих видов для биомониторинга.

## **ЗАДАНИЕ 7.**

### **Исследование влияния кислотных осадков и фторид-ионов на листоватые лишайники рода *Xantoria* и *Parmelia***

*Оборудование и реактивы:*

Иономер с стеклянным, хлорсеребряным и фторид-селективным электродами.

Муфельная печь.

Ножи.

Деревянные дощечки размером 20x20 см и 10x10 см.

Лупа или микроскопы.

Лабораторный сушильный шкаф.

Разбрызгиватель жидкости.

Кислотные осадки с различными значениями рН и соотношениями серной и азотной кислот.

Раствор фторида натрия, содержащий 1 мгF/мл.

Определитель лишайников.

Сначала одинаковые по размеру листовые лишайники родов *Ксантория* и *Пармелия* срезают с деревьев вместе с корой в парке или пригородной зоне. Потом собранный материал снабжают соответствующими этикетками, предварительно определив видовой состав сбора.

Растения каждого вида (по 10 штук) прикрепляют на дощечки размером 20x20 см или 10x10 см. Дощечки размещают на стене в лаборатории, либо на улице под навесом вдали от источников загрязнения воздуха. Ежемесячно лишайники обрабатывают в течение 10 мин кислотными осадками известного состава или раствором фторида натрия. Одновременно контрольные образцы обрабатывают в течение 10 мин отстоянной водопроводной водой. Продолжительность наблюдений 8 -10 месяцев. Ежемесячно фиксируют анатомические и морфологические изменения лишайников и определяют содержание фторид-ионов в слоевищах образцов, обработан-

ных раствором фторида натрия. По окончании эксперимента делают вывод о толерантности изученных видов к кислотным осадкам и фторид-ионам и о возможности их использования для биоиндикации кислотных осадков и фторидов.

## **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.**

1. Что представляет собой лишайник?
2. Каковы взаимоотношения гриба и водоросли в составе лишайников?
3. Как размножаются лишайники?
4. Какие типы плодовых тел у лишайников?
5. Назовите экологические группы лишайников?
6. Что называется лишайниковой синузией?
7. Какие признаки положены в основу классификации лишайников?
8. Что учитывается при определении класса полеотолерантности лишайников?
9. Как рассчитывается индекс полеотолерантности лишайников?
10. Что такое «лишайниковая» пустыня?
11. Какие загрязнители воздуха наиболее токсичны для лишайников?
12. Какие лишайники наиболее устойчивы к загрязнению воздуха?
13. Какие изменения происходят в слоевищах лишайников под действием загрязнителей окружающей среды?
14. Какие методы лишеноиндикации наиболее часто используются для определения степени загрязнения воздуха?
15. В чем суть метода трансплантации лишайников?
16. Как можно измерить прирост эпифитных листоватых лишайников за определенный промежуток времени?
17. Какие лишайники наиболее часто встречаются в загрязненных городах и вашем населенном пункте? Какое заключение можно сделать о степени загрязнения вашего города (поселка) по видовому составу лишайников?
18. Как экспериментально можно изучить влияние тяжелых металлов в почве на кустистые напочвенные лишайники?
19. Какие металлы в наибольшей степени аккумулируются лишайниками?
20. Как можно экспериментально изучить влияние кислотных осадков на лишайники различных экологических групп?

## Список рекомендуемой литературы

1. *Великанов Л.Л., Сидорова И.И., Успенская Г.Д.* Полевая практика по экологии грибов и лишайников. М., 1980.112 с.
2. *Солдатенкова Ю.П.* Малый практикум по ботанике. Лишайники (кустистые и листоватые). М., 1977.123 с.
3. *Лемеза Н.Ф., Шуканов А.С.* Малый практикум по низшим растениям. Минск, 1994.288 с.
4. *Шапиро И.А.* Загадки растения-сфинкса. Лишайники и экологический мониторинг, Л., 1991.80 с.
5. *Окснер А.Н.* Определитель лишайников СССР, вып.2 Морфология, систематика и географическое распространение. Л, 1974.284 с.
6. Жизнь растений. В 6 т., Т.3. Водоросли. Лишайники/ Под ред. проф. М.М. Голлербаха. М.: Просвещение,1977.487 с.
7. *Трасс Х.Х.* Классы толерантности лишайников и экологический мониторинг // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. Л., 1985.Т.7. С.122 - 137.

## П Р И Л О Ж Е Н И Я.

### П р и л о ж е н и е 1

Классы полеотолерантности ( $a_i$ ) и типы местообитаний  
эпифитных лишайников Эстонии (примеры)

Классы полеотолерантности	Типы местообитаний по степени влияния антропогенных факторов и встречаемость в них видов	Виды
I	Естественные местообитания (ландшафты) без ощутимого антропогенного влияния	<i>Lecanactis abietina</i> , <i>Lobaria scrobiculata</i> , <i>Menegazzia terebrata</i> , <i>Mycoblastus sanguinaius</i> , виды родов <i>Pannaria</i> , <i>Parmeliella</i> самые чувствительные виды рода <i>Usnea</i>
II	Естественные (часто) и антропогенно слабоизмененные местообитания (редко).	<i>Bryoria chalybeiformis</i> , <i>Evernia divaricata</i> , <i>Cyalecta ulmi</i> , <i>Lecanora coilocarpa</i> , <i>Ochrolechia androgyna</i> , <i>Parmeliopsis aleurites</i> , <i>Ramalina calicaris</i>
III	Естественные (часто), слабо (часто) и умеренно (редко) измененные местообитания.	<i>Bryoria implexa</i> , <i>Cetraria pinastri</i> , <i>Graphis scripta</i> , <i>Lecanora leptyroides</i> , <i>Lobaria pulmonaria</i> , <i>Opegrapha diaphora</i> , <i>Parmeliopsis ambigua</i> , <i>Pertusaria coccodes</i> , <i>Pseudevernia furfuraceae</i> , <i>Usnea filipendula</i>

Классы полеотолерантности	Типы местообитаний по степени влияния антропогенных факторов и встречаемость в них видов	Виды
IV	Естественные (часто), слабо (часто) и умеренно (редко) измененные местообитания.	<i>Bryoria implexa, Cetraria pinastri, Graphis scripta, Lecanora leptyroides, Lobaria pulmonaria, Opegrapha diaphora, Parmeliopsis ambigua, Pertusaria coccodes, Pseudevernia furfuraceae, Usnea filipendula</i>
V	Естественные, антропогенно слабо- и умеренно измененные местообитания (с равной встречаемостью)	<i>Caloplaca pyracea, Lecania cyrtella, Lecanora chlorotera, L. rugosa, L.subfuscata, L.subrugosa Lecidea glomerulosa Palmelia exasperata, P. Olivacea, Physcia aipolia, Ramalina farinacea</i>
VI	Естественные (сравнительно редко) и антропогенно умеренно (часто) измененные местообитания	<i>Arthonia radiata, Caloplaca aurantiaca, Evernia prunastri, Hipogymnia physodes, Lecanora allophana, L. carpinea, L. chlorona, L.pallida, L.symmictera, Parmelia acetabulum, P.subargentifera, P.exasperatula, Pertusaria discoidea, Hypocenomyce scalaris Ramalina fraxinea, Rimodina exigua, Usnea hitra</i>
VII	Умеренно (часто) и сильно (редко) антропогенно измененные местообитания	<i>Caloplaca vitellina, Candeliariella vitellina, C.xanthostigma, Lecanora varia, Palmelia conspurcata,</i>

Классы полеотолерантности	Типы местообитаний по степени влияния антропогенных факторов и встречаемость в них видов	Виды
VII	Умеренно (часто) и сильно (редко) антропогенно измененные местообитания	<i>P. sulcata</i> , <i>P. verruculifera</i> , <i>Pertusaria amara</i> , <i>Phaeohyscia nigricans</i> , <i>Phlyctis agelaea</i> , <i>Physozia ascendens</i> , <i>Ph. stellaris</i> , <i>Ph. tenella</i> , <i>Physconia pulverulacea</i> , <i>Xanthoria polycapra</i> .
VIII	Умеренно и сильно антропогенно измененные местообитания (с равной встречаемостью)	<i>Caloplaca cerina</i> , <i>Candelaria concolor.</i> , <i>Phlyctis argena</i> , <i>Physconia grisea</i> , <i>Ph. enteroxantha</i> , <i>Ramalina pollinaria</i> , <i>Xanthoria candelaria</i>

## Приложение 2

## Указатель ботанических названий

**Лишайники.**

Акароспора изумрудная	<i>Acorospora smaragdula</i> (Wahlenb.) Massal.
Анаптихия реснитчатая	<i>Anaptychia ciliaris</i> (L.) Koerb.
Аспицилия блуждающая	<i>Aspicilia vagans</i> Oxn.
Аспицилия съедобная	<i>Aspicilia esculenta</i> (Pall.) Flag
Бацидия краевая	<i>Bacidia marginalis</i> (Vain.) R. Sant
Беомицес рыжий	<i>Baeomyces rufus</i> (Huds) Rebert
Веррукария масляно-черная	<i>Verrucaria elaeomelaena</i> (Massal.) Arnold
Гипогимния вздутая	<i>Hypogymnia physodes</i> (L.) Nyl.
Графис написанный	<i>Graphis scripta</i> (L.) Ach

Кладина звездчатая	<i>Cladina stellaris (Opiz) Brodo</i>
Кладина лесная	<i>Cladina arbuscula (Wallr.) Hale et W. Culb</i>
Кладина мягкая	<i>Cladina mitis (Sandst.) Hale et W. Culb.</i>
Кладина оленья	<i>Cladina rangiferina (L.) Nyl.</i>
Кладония бахромчатая	<i>Cladonia fimbriata (L.) Fr.</i>
Кладония бесформенная	<i>Cladonia deformis (L.) Hoffm.</i>
Кладония порошистая	<i>Cladonia coniocraea (Flk.) Spreng.</i>
Кладония шиловидная	<i>Cladonia subulata (L.) Wigg. = C. cjrnutoradiata</i>
Уснея пышная	<i>Usnea florida (L.) Wigg.</i>
Уснея хохлатая	<i>Usnea comosa (Ach.) Rohl.</i>
Уснея шетинистая	<i>Usnea strigosa (Ach.) A. Eat.</i>
Цетрария исландская	<i>Cetraria islandica (L.) Ach.</i>
Цетрария сизая	<i>Cetraria glauca (L.) Ach.</i>
Эверния сливовая	<i>Evernia prunastri (L.) Ach.</i>
Эдвардиелла удивительная	<i>Edwardiella mirabilis Henssen</i>
<b>Водоросли</b>	
Глеокапса	<i>Gloeocapsa Kutz</i>
Коккомикса	<i>Cocomixa Schmilde</i>
Мирцемиа	<i>Myrmecia printz</i>
Носток	<i>Noctos Vaucher</i>
Плеурококк	<i>Pleurococcus Menegh</i>
Требуksия замечательная	<i>Trebouxia erici Ahm.</i>
Требуksия итальянская	<i>Trebouxia italiana Archib.</i>
Трентеполия	<i>Trentepohlia Martins</i>
Сцитонема	<i>Scytonema Ag.</i>
Фридманния израильская	<i>Friedmannia israilensis Chant. et Bold.</i>



Приложение 3.

Определение родов кустистых и листоватых лишайников.

1	— Слоевище листоватое. — Слоевище кустистое.	2 11
2	— Слоевище зеленовато- или оранжево-желтое, от КОН быстро окрашивается в вишнево-красный цвет. — Слоевище иначе окрашено, от КОН не краснеет	Xanthoria 3
3	— Слоевище с нижней стороны с беловатыми ямчатыми пятнами – цифеллами — Слоевище с нижней стороны без цифелл — Апотеции сидячие, расположены на верхней поверхности слоевища	4 5 Sticta
4	— Апотеции приросшие или прижатые. Развиваются на нижней стороне суженных лопастей	Nephroma
5	— Слоевище сверху сетчато-складчатое, с ребрами, впадинами к которым снизу соответствуют беловатые голые выпуклости, нижняя поверхность с опушением. — Слоевища иного типа	Lobaria 6
6	— Слоевища в виде листоватых розеток, слоевищные лопасти едва достигают 1 см длины. Верхний коровой слой параплектенхимный — Слоевище листоватое, кустовидно-разветленное, слоевищные лопасти обычно в несколько см длины. Верхний коровой слой не параплектенхимный, образован гифами, расположенными параллельно поверхности слоевища — Лопастей слоевища узкие без ризоидов или с ними, по краям с длинными ресничками.	Physcia 6a Anaptychia

Продолжение прил. 3

6	—Лопастии слоевища широкие, иногда узкие, с хорошо развитыми ризоидами, по краям без ресничек.	7
7	— Апотеции сидячие, прижатые, расположены на концах широких лопастей — Апотеции большей частью вдавленные. Расположены в верхней центральной части верхней поверхности слоевища, лопасти широкие, споры двуклетные, темные — Апотеции часто отсутствуют или разбросаны по всему слоевищу	Peltigera Solorina 8
8	— Апотеции и пикнидии развиваются преимущественно на концах лопастей верхней поверхности слоевища. Слоевище листоватое или кустистое в последнем случае лопасти узкие. Часто свернутые но не цилиндрические, иногда с ресничками, без ризин, слабо прикреплено к субстрату — Апотеции разбросаны по всему слоевищу, прикрепленному к субстрату ризинами (иногда отсутствуют).	Cetraria 9
9	— Слоевище плотно прилегает к субстрату, мелколопастное, с головчатыми беловатыми сорралями, сливающимися иногда в центре в сплошную соредиозную массу. Нижняя поверхность светло-коричневая до беловатой — Слоевище с более крупными лопастями и черной нижней поверхностью	Parmeliopsis 10
10	— В сердцевинном слое слоевища образуются полости, лопасти вздутые. На нижней поверхности имеются иногда псевдоцифеллы округлой формы.	Hypogimnia

10	— Сердцевина безвоздушной полости, слоевищные лопасти	Parmelia
11	— Слоевищные «веточки» цилиндрические или округло-угловатые	12
	— Слоевищные «веточки» сплюснутые, иногда желобчатые	18
12	— Слоевищные «веточки» внутри полые	13
	— Слоевищные «веточки» внутри заполнены сердцевинной	15
13	— Слоевище в виде простых или разветвленных на концах заостренных молочно-белых с розоватым оттенком трубочек	Thamnia
	— Слоевище не молочно-белого цвета	14
14	— Слоевище двойного типа, т.е. состоит из коркового или чешуйчатого первичного и кустистого (подеции) вторичного или только вторичного, так как первичное быстро исчезает.	Cladonia
	— Слоевище не двойного типа, состоит из простых или слабоветвистых, но не сильно вздутых выростков.	Dactylina
15	— Слоевищные «веточки» в центральной части с плотным осевым (центральным) цилиндром	Usnea
	— Слоевище «веточки» без осевого цилиндра	16
16	— Слоевищные «веточки» с бородавчатыми или зернистыми чешуйками	Stereocaulon
	— Слоевище «веточки» без чешуек	17
17	— Слоевищные «веточки» длинные, свисающие или простертые на почве, скалах, волосовидно-тонкие, цилиндрические округлые	Alectoria

17	— Слоевищные «веточки» более толстые, короткие, не свисающие, темно-коричневые, угловато-округлые, перепутанные между собой, с шиповидными выростами	Cornicularia
18	<p>— Слоевище на ощупь мягкое, “веточки” сплюснутые, дорзовентральные или одинаковые с обеих сторон, угловато-цилиндрические. Споры одноклеточные</p> <p>— Слоевище на ощупь жесткое, хрящеватое, недорзовентральное. Споры двуклеточные.</p>	<p>Evernia</p> <p>Ramalina</p>

## Оглавление

Введение.....	4
1.Общая характеристика лишайников.....	5
1.1. Морфология и анатомическое строение лишайников.....	5
1.1.1 Накипные лишайники.....	6
1.1.2 Листоватые лишайники.....	6
1.1.3 Кустистые лишайники.....	8
1.1.4. Анатомическое строение лишайников.....	8
1.2. Размножение лишайников.....	9
1.3.Экологические группы лишайников.....	12
2. Лихеноиндикация загрязнения окружающей среды.....	12
2.1.Классификация методов лишеноиндикации.....	12
2.2 Шкалы полеотолерантности лишайников.....	14
2.3.Индексы полеотолерантности лишеносинузий.....	14
2.4.Определение скорости роста лишайников.....	16
2.5.Способы сбора и сушки лишайников для гербария и коллекций.....	18
3. Практические задания.....	20
Задание 1. Изучение морфологии и анатомии лишайников.....	20
Задание 2. Изучение встречаемости лишайников на различных участках территории города (населенного пункта).....	21
Задание 3. Определение площади покрытия стволов деревьев лишайниками.....	22
Задание 4. Определение индекса полеотолерантности лишеноси- нузий и составление карты загрязнения воздуха горо- да (населенного пункта).....	23
Задание 5. Исследование влияния загрязнения почвы тяжелыми металлами на кустистые лишайники рода <i>Cladonia</i> .....	24
Задание 6. Исследование влияния кислотных осадков и фторидов на кустистые лишайники рода <i>Cladonia</i> .....	25
Задание 7. Исследование влияния кислотных осадков и фторидов на листоватые лишайники рода <i>Xanthoria</i> и <i>Parmelia</i> .....	26
Контрольные вопросы.....	27
Список рекомендуемой литературы.....	28
Приложения.....	29
Оглавление.....	37

Учебное издание  
**Чеснокова Светлана Михайловна**

**ЛИХЕНОИНДИКАЦИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ  
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

Практикум

Редактор Е.А.Амирсейидова  
Корректор В.В.Гурова

Изд. лиц. N 020275 от 13.11.96. Подписано в печать 99.  
Формат 60×84/16. Бумага для множит. техники. Гарнитура Times. Печать  
офсетная. Усл. печ. л. 2,09 Уч.-изд.л. Тираж 120экз.  
Заказ

Владимирский государственный университет.  
Подразделение оперативной полиграфии  
Владимирского государственного университета.  
Адрес университета и подразделения оперативной полиграфии:  
600026, Владимир, ул. Горького, 87.



Учебное издание

**Чеснокова Светлана Михайловна**

**ЛИХЕНОИНДИКАЦИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ  
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

Практикум



Редактор Е.А. Амирсейидова  
Корректор

Изд. лиц № 020275 от 13.11.96. Подписано в печать 99  
формат 60x84/16. Бумага для множит. техники. Гарнитура Печать Таймс  
офсетная. Усл. печ. л. 2,09 Уч.-изд. л. Тираж 175 экз.  
Заказ

Владимирский государственный университет  
Подразделение оперативной полиграфии  
Владимирского государственного университета  
Адрес университета и подразделения оперативной полиграфии  
600026, Владимир, ул. Горького, 87