Муниципальное общеобразовательное учреждение

средняя образовательная школа №4

г.о.Кинель Самарской области

номинация »Растения и их роль в в экосистемах»

**«Определение экологической обстановки окружающей среды по биоиндикаторам лишайникам»**

Выполнили

учащиеся 8 «А» класса:

Мелкова Олеся

Торосян Дарико

Научный руководитель:

Петина Оксана Викторовна

**сроки проведения работы: 2010 (весна-осень) год**

**СОДЕРЖАНИЕ**

Введение.......................................................................................................... 3

1. Общая характеристика лишайников...................................................... 4

1.1. Строение лишайников...................................................................... 4

1.1.1. Грибной компонент лишайников (микобионт).................... 5

1.1.2. Водорослевый компонент (фикобионт)................................ 8

1.1.3. Взаимоотношение гриба и водоросли в теле лишайника.... 10

1.1.4. Морфология слоевища лишайников..................................... 13

1.1.5. Анатомия слоевища лишайников.......................................... 15

1.2. Биоразнообразие лишайников (экологические группы)............... 19

1.3. Роль микроорганизмов в лишайниковом симбиозе....................... 23

1.4. Хозяйственное значение лишайников……………………………. 26

2. Лишайники как индикаторы загрязнения окружающей среды………. 29

3. Место и методика исследования............................................................. 31

3. Результаты исследования......................................................................... 33

Выводы………………………………………………………………………. 35

Список литературы.......................................................................................... 36

**ВВЕДЕНИЕ**

Глобальный экологический кризис - печальная реальность наших дней. Если с 1850 по 1950 годы каждые десять лет био­сфера теряла один вид растений, то, начиная с 2000 года, один вид уничтожается каждый час, а 23 гектара леса — каж­дую минуту! Под угрозой уничтожения находятся 30 тысяч ви­дов растений, повсеместно деградирует почвенный покров пла­неты, сокращаются запасы пресной воды, в южных районах плодородные земли превращаются в пустыни, в тундрах при нефтяных разработках полностью уничтожается растительный покров (Петров, Абрамов, 1994).

В этих условиях ученым-биологам все труднее становится работать, ведь для изучения требуется изъятие из природы некоторых видов, а это в последнее время становится невозможным.

**1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЛИШАЙНИКОВ**

Лишайники представляют своеобразную груп­пу комплексных организмов, тело которых всег­да состоит из двух компонентов — гриба и водо­росли. Сейчас каждый школьник знает, что в основе биологии лишайников лежит явление симбиоза — сожительства различных ор­ганизмов. Но еще немногим более ста лет назад лишайники были для ученых великой загадкой, и открытие Симоном Швенденером в 1867 г. их сущности оценивалось как одно из наиболее удивительных открытий того времени.

Однако как организмы лишайники были из­вестны ученым и в народе задолго до открытия их сущности. Еще великий Теофраст (371—286 до н.э.), «отец ботаники», дал описа­ние двух лишайников — уснеи (Usnea) и ро-челлы (Roccella). Последнюю уже тогда исполь­зовали для получения красящих веществ. По­степенно количество известных видов лишай­ников возрастало. Правда, в те времена их на­зывали нередко то мхами, то водорослями, то даже «хаосом природы» и «убогой нищетой расти­тельности».

Сейчас известно более 20 000 лишайников. И каждый год ученые обнаруживают и описыва­ют десятки и сотни новых неизвестных видов.

В настоящее время лихенология (лат. lic­hen — лишайник)— наука о лишайниках — изучает сложный комплекс проблем, связанных с возникновением, филогенией, строением, сис­тематикой, биохимией, физиологией, распрост­ранением и экологией лишайников (Жизнь растений, 1977).

**1.1. Строение лишайников**

Чем же лишайники отличаются от других растений?

Во-первых, специфичный признак лишайни­ков—симбиотическое сожительство двух разных организмов — гетеротрофного гриба (микобионт) и автотрофной водоросли (фикобионт). Не всякое сожительство гриба и водоросли образует ли­шайник. Лишайниковое сожительство должно быть постоянным и исторически выработавшим­ся, а не случайным, кратковременным. В приро­де бывают случаи, когда гриб и водоросль об­разуют временное смешанное скопление, но это еще не лишайник. В настоящем лишайнике гриб и водоросль вступают в тесные взаимоот­ношения, грибной компонент окружает водо­росли и может даже проникать в их клетки.

Во-вторых, лишайники образуют особые морфологические типы, жизненные формы, не встречающиеся отдельно у слагающих лишайниковое слоевище грибов и водорослей, т.е. лишайники прошли исторический, длительный формообразующий процесс на основе симбиоза, приведший к формированию специфичных мор­фологических форм внешнего и внутреннего строения.

В-третьих, для лишайников в целом и каж­дого из их компонентов в отдельности харак­терен особый тип метаболизма. Физиология гриба и водоросли в слоевище лишайника во многом отличается от физиологии свободно-живущих грибов и водорослей.

В-четвертых, весьма специфична биохимия лишайников, образование в них вторичных продуктов обмена — лишайниковых веществ, не встречающихся в других группах орга­низмов.

Наконец, лишайникисущественно отлича­ются от других групп организмов, в том числе и от свободноживущих грибов и водорослей, особой биологией: способами размножения, мед­ленным ростом, отношением к экологическим условиям и др. На основе этих специфических свойств ли­шайникам можно дать следующее определение: лишайниками являются организмы, тело (слоевище) которых постоянно состоит из двух компо­нентов — автотрофного фикобионта и гетеро­трофного микобионта, образующих единое симбиотическое сожительство, отличающееся осо­быми морфологическими типами и особыми физиолого-биохимическими процессами (Жизнь растений, 1977).

**1.1.1. Грибной компонент (микобионт)**

Представители трех классов грибов — аскомицетов, базидиомицетов и фикомицетов, всту­пив в контакт с водорослями, дали начало обра­зованию лишайников. О близости с грибами говорит строение вегетативного тела лишайни­ков и их плодовых тел. Вегетативное тело ли­шайников, называемое, как у всех низших растений, талломом или слоевищем, целиком состоит из переплетения грибных гиф. Водо­росли же либо разбросаны в беспорядке среди грибных гиф по всей толще слоевища, либо расположены отдельным дифференцированным слоем несколько ниже его верхней поверхности.

Как известно, вегетативное тело обычных грибов, состоящее из грибных гиф и называе­мое грибницей или мицелием, в большинстве случаев развивается целиком внутри субстрата, а на поверхности мы видим лишь плодовые тела гриба. В отличие от этого вегетативное тело лишайников, также образованное грибными гифами, целиком живет в воздушной среде (исключение составляет лишь небольшая груп­па лишайников, слоевище которых развивается внутри камня или древесного субстрата). Ли­шайники иногда даже называют воздушными грибами.

Гифы, образующие слоевище ли­шайника, представляют собой простые или раз­ветвленные тонкие (шириной 3—10 *мкм)* нити, растущие вершиной. Гифа покрыта двухслой­ной оболочкой, под которой находится прото­плазма. Обычно гифы бывают поделены попереч­ными перегородками на клетки. У большинства лишайников в центральной части поперечных перегородок имеется одно маленькое отверстие, называемое перфорацией. Через перфо­рацию протягивается тончайший цитоплазматический тяж, который носит название плазмодесмы. Плазмодесма соединяет протопласты соседних клеток. У некоторых лишайников поперечная перегородка имеет не одну, а три перфорации, расположенные на равных расстоя­ниях друг от друга. Кроме того, перфорации образуются не только на поперечных перегород­ках гиф, но и на их продольных стенках, в результате плазмодесмами соединяются прото­пласты двух параллельно расположенных со­седних гиф.

Протоплазма лишайников слегка зерниста. В вегетативных клетках почти всегда имеется одно ядро, но у некоторых видов бывает по два или по многу ядер в одной клетке.

У целого ряда лишайников оболочки гиф могут сильно разбухать и ослизняться. Это происходит за счет содержания во внешних слоях оболочек пектиновых веществ, легко растворимых в воде углеводов. Особенно сильно ослизняются и набухают при увлажнении гифы так называемых слизистых лишайников, в слоевище которых водорослевым партнером обычно бывает сине-зеленая водоросль. Гифы обычных грибов, как правило, не обладают этой способ­ностью, исключение составляют лишь дрожалковые грибы.

Интересные, специфичные для лишайниковых гиф образования, которые у свободноживущих грибов в природных условиях не встре­чаются,—так называемые жировые клетки или жировые гифы. Они развивают­ся обычно в нижней части слоевища, в местах прикрепления к субстрату. Жировые клетки имеют зеленоватую окраску, обусловленную содержанием жира. Они, как правило, крупнее обычных клеток и имеют вздутую мешковидную, иногда почти шаровидную форму. Было замечено, что чаще всего жи­ровые клетки встречаются у лишайников, расту­щих на известковом субстрате, особенно в слое­вищах, глубоко погруженных в известняк. В слоевищах лишайников, которые произрастают на гранитных породах и на древесном субстрате, жировые клетки образуются очень редко. Более *того, если лишайник растет на горной* породе смешанного состава, то жировые клетки можно заметить только в гифах, проходящих через участки карбонатсодержащих пород, а в гифах того же слоевища на бескарбонатных участках жировые клетки отсутствуют. Это позволило сделать вывод, что образование жира обуслов­ливает углекислота, освобождающаяся при раз­ложении карбонатов гифами лишайников. Одна­ко это пока лишь одна из гипотез, пытающихся объяснить возникновение этих специфичных для лишайников образований.

Благодаря воздушному образу жизни и сим­биозу с водорослями у гриба появилась тенден­ция к развитию сложной вегетативной струк­туры. Как правило, микобионт лишайников образует сложно устроенные талломы, с хорошо дифференцированными анатомическими слоями, с особыми органами прикрепления, которые встречаются лишь у лишайников (Жизнь растений, 1977).

**1.1.2. Водорослевый компонент (фикобионт)**

Водоросли, встречающиеся в слоевище ли­шайников, называют фикобионтом лишайников. По своему систематическому положению они относятся к различным отделам: к сине-зеле­ным (Cyanophyta), зеленым (Chlorophyta), жел­то-зеленым (Xanthophyta) и бурым (Phaeophyta) водорослям. Долгое время считали, что каждому виду лишайника соответствует определенный вид водоросли. Однако, как показали дальней­шие исследования, сравнительно небольшое количество водорослей оказались способными существовать в симбиозе с грибом. Только самые неприхотливые из них, обладающие высокой устойчивостью по отношению к факторам внеш­ней среды, приспособились к жизни в окруже­нии грибных гиф. Экспериментальные исследо­вания показали, что лишайниковый гриб при образовании слоевища, как правило, не про­являет избирательной способности по отноше­нию к водорослям. Если взять чистую культуру гриба, выделенного из слоевища лишайника, и поместить в нее какую-либо свободноживущую водоросль (несвойственную данному лишайнику, а другого типа), то грибные гифы начнут разра­статься, давая сложные переплетения, как в на­чале образования слоевища. Однако слоевище в таком случае все-таки не развивается. Большин­ство водорослей, введенных в культуру лишайникового гриба, рано или поздно погибает: мно­гие не могут перенести воздействия гиф гриба, причиной гибели других является недостаток света. Водоросли, окруженные со всех сторон грибной тканью, получают гораздо меньше све­та, чем это необходимо для их нормальной жиз­недеятельности. И если водоросль не может приспособиться к осуществлению процесса фо­тосинтеза при минимальной световой интенсив­ности, она неизбежно погибает. Значит, при образовании слоевища лишайников не гриб выбирает себе подходящего партнера из числа водорослей. Все зависит от того, сможет ли водоросль существовать в тесном контакте с грибом и при этом нормально жить и разви­ваться.

Как показало изучение лишайниковых фикобионтов, проведенное в последние годы, в слоевище лишайников встречаются представители 28 родов водорослей. Из сине-зеленых водорос­лей наиболее обычным фикобионтом в слоевище лишайников являются водоросли рода носток и глеокапса*.* Встречаются и другие сине-зеленые: хроококкус (Chroococcus) и гиелла (Hyella*),* калотрикс (Calothrix), дихотрикс (Dichothrix) и ривулярия (Rivularia*),* спитонема (Scytonema) и стигонема (Stigonema). Из зеленых водорос­лей в слоевище лишайников встречаются пред­ставители хлорококковых и улотриксовых.

Существует взаимосвязь между географиче­ским распространением лишайников и преоб­ладанием в их слоевищах определенных водорос­лей. Так, в умеренной зоне земного шара около 8% лишайников имеют фикобионтом сине-зеле­ные водоросли, 9% лишайников — нитчатые или пластинчатые зеленые водоросли типа трентеполии и 83% лишайников — хлорококковые зеленые водоросли. В тропических и субтро­пических странах увеличивается количество лишайников, в слоевище которых встречается водоросль трентеполия. Так, в тропиках от 5 до 10% лишайников содержат в слоевищах сине-зеленые водоросли. 45—48% лишайни­ков — нитчатые зеленые водоросли типа трентеполии и такое же количество лишайников имеют фикобионтом остальные зеленые водо­росли.

Водоросли в слоевище лишайника очень сильно изменяют свой внешний облик. Особен­но это касается нитчатых водорослей, которые под влиянием гриба распадаются на отдельные клетки и часто деформируются до неузнавае­мости. Размножаются водоросли внутри слоевища обычно делением и апланоспорами. Подвижных клеток размножения, характерных для свободноживущих водорос­лей, они не образуют. Но в лаборатории, в усло­виях культуры, фикобионты лишайников, как правило, принимают свой обычный, присущий им в свободноживущем состоянии облик и обра­зуют подвижные зооспоры и гаметы.

Лишайниковые водоросли очень устойчивы к воздействию высокой температуры, способны переносить длительное высушивание. Опыты показали, например, что водоросль коккомикса в слоевище одного из лишайников выдерживала высушивание в течение 23 недель, а после нор­мализации условий восстанавливала все про­цессы своей жизнедеятельности. В культуре же этот фикобионт погибал без воды уже через 5 недель.

Все эти данные показывают,что в связи сособенностями жизни в контакте с грибом лишайниковые водоросли претерпевают не только морфологические,но и физиологические изме­нения (Жизнь растений, 1977).

**1.1.3. Взаимоотношения гриба и водоросли в теле лишайника**

Вопрос взаимоотношения гриба и водоросли в слоевище лишайника занимал умы ученых еще в конце прошлого столетия, да и в наше время продолжает волновать лихенологов. Со дня открытия С. Швенденера прошло более 100 лет. За этот период появилось не менее де­сятка теорий, пытающихся объяснить отноше­ния между грибом и водорослью, однако среди них нет ни одной общепризнанной и оконча­тельно доказанной. С. Швенденер, обна­ружив, что лишайник состоит из гриба и водо­росли, предположил, что гриб в слоевище па­разитирует, на водоросли. Однако он ошибоч­но отвел грибу роль хозяина, а водоросли — раба.

Но уже в те времена некоторые ученые выд­винули мысль о двустороннем паразитизме компонентов лишайника — гриба на водоросли и водоросли на грибе. При этом было высказа­но предположение, что гриб и водоросль в слоевище лишайника находятся в полном морфо-физиологическом единстве и связаны между собой так же, как корни и листья цветковых растений. Такое сравнение, безусловно, было совсем необоснованным.

Наибольшее распространение среди ученых того времени получила теория мутуалистического симбиоза. Сторонники этой теории счита­ли, что в слоевище лишайника гриб и водоросль находятся во взаимовыгодном симбиозе: водо­росль «снабжает» гриб органическими вещест­вами, а гриб «защищает» водоросль от чрезмер­ного нагревания и освещения и «обеспечивает» ее водой и неорганическими солями.

О том, что в слоевище лишайника происхо­дит обмен веществами между грибом и водо­рослью, ученые стали говорить сразу после от­крытия двойственной природы лишайников. Однако некоторые экспериментальные под­тверждения этим предположениям были полу­чены лишь за последние три десятилетия. При­менение новейших методов физиологических исследований с использованием меченых атомов углерода и азота, особых красящих веществ и некоторых других позволило установить, что гриб получает вещества, ассимилируемые водо­рослью, и ведет себя в слоевище лишайника как паразитический организм. Однако для существования как самого гриба, так и лишай­ника в целом необходимо, чтобы водоросль, окруженная со всех сторон грибными гифами, все-таки могла жить и более или менее нормаль­но развиваться. Если гриб начнет проявлять себя слишком активно, поражать все без исклю­чения водоросли и, использовав их содержимое, уничтожать их, это в конце концов может при­вести к гибели всех водорослей слоевища. Но тогда, уничтожив весь свой запас питания, по­гибнет и сам гриб, а значит, перестанет сущест­вовать и лишайник.

Гриб должен использовать лишь часть водо­рослей, оставляя резерв — здоровые и нормаль­ные водоросли, содержимым которых он мог бы питаться.

Ученые отмечают, что степень паразитизма гриба на водоросли различна не только у раз­ных видов лишайников, но даже в одном и том же слоевище. Резкий паразитизм обнаружен лишь у примитивных лишайников. Гаустории, проникающие глубоко внутрь протопласта во­доросли, пока что были найдены лишь у наибо­лее просто организованных форм, в слоевище которых еще нельзя различить оформленных дифференцированных слоев. В слоевищах более высокоорганизованных лишайников часть кле­ток водорослей поражена грибными гифами, а остальные продолжают нормально жить и раз­виваться. Обычно у высокоорганизованных форм лишайников паразитизм гриба на водо­росли носит весьма умеренный характер: преж­де чем гриб убьет пораженные им клетки, успе­вает вырасти одно или несколько поколений водорослей.

Отношения между мико- и фикобионтом в слоевище лишайника не сводятся только к па­разитизму гриба на водоросли. Ученые пред­полагают, что эти отношения гораздо сложнее. Еще в начале нашего века крупнейший русский лихенолог А.А. Еленкин, изучая анатоми­ческое строение лишайников, обнаружил в их слоевище некральные зоны водорослей — скоп­ления отмерших, потерявших зеленую окраску клеток, расположенные несколько ниже зоны живых водорослей. К этим бесцветным мертвым клеткам водорослей тоже тянулись грибные гифы. Это привело А. А. Еленкина к мысли, что гриб в слоевище лишайника вначале прояв­ляет себя как паразитический организм, пора­жая живые клетки водоросли и используя их содержимое. Затем, убив водоросль, гриб пере­ходит к сапрофитному способу питания, погло­щая и ее мертвые остатки. Таким образом, гриб в слоевище лишайника ведет себя и как паразит, и как сапрофит. И отношения между грибом и водорослью в слоевище лишайника А.А. Еленкип назвал эндопаразитосапрофи-тизмом.

Таким образом, ученые считают, что водо­рослевый и грибной компоненты лишайника находятся в очень сложных взаимоотношениях. Микобионт ведет себя как паразит и сапро­фит на теле водоросли, а фикобионт, в свою оче­редь, паразитирует на лишайниковом грибе. При этом паразитизм фикобионта всегда носит более умеренный характер, чем паразитизм гриба.

У ряда лишайников, в слоевище которых встречаются нитчатые улотриксовые водоросли, можно наблюдать еще один тип контакта. Как правило, в таком случае нити водорослей бы­вают целиком покрыты грибными гифами. При­чем лишь иногда гифы образуют на поверхности водорослевой нити рыхлую сетку. Чаще же они располагаются очень густо и, срастаясь своими стенками, образуют сплошной чехол. Отдельная лопасть такого лишайника имеет вид тончайшего волоса. Под микроскопом она напоминает полую трубку, стенки которой образованы сросшимися грибными гифами; внутри трубки тянется нить водоросли (Жизнь растений, 1977).

**1.1.4. Морфология слоевища лишайников**

Слоевище лишайников очень разнообразно по окраске, размерам, форме и строению.

Лишайники окрашены в самые различные цвета: белый, розовый, ярко-желтый, оранже­вый, оранжево-красный, серый, голубовато-серый, серовато-зеленый, желтовато-зеленый, оливково-коричневый, коричневый, черный и некоторые другие. Окраска слоевища лишайни­ков зависит от наличия пигментов, которые откладываются в оболочках гиф, реже в про­топлазме. Наиболее богаты пигментами гифы корового слоя лишайников и различные части их плодовых тел. У лишайников различают пять групп пигментов: зеленые, синие, фиолето­вые, красные, коричневые. Механизм образо­вания их до сих пор не выяснен, но совершенно очевидно, что важнейшим фактором, влияющим на этот процесс, является свет.

Иногда цвет слоевища зависит от окраски лишайниковых кислот, которые откладываются в виде кристаллов или зернышек на поверхно­сти гиф. Большинство лишайниковых кислот бесцветны, но некоторые из них окрашены, и иногда очень ярко — в желтый, оранжевый, крас­ный и другие цвета. Окраска кристаллов этих веществ определяет и окраску всего слоевища. И здесь важнейшим фактором, способствующим образованию лишайниковых веществ, является свет. Чем ярче освещение в месте произраста­ния лишайника, тем ярче он окрашен. Примером может служить широко распространенный, часто встречающийся на стволах осин лишайник ксантория (Xanthoria parietina)*.* Слоевище у него яркое, красновато-оранжевое. Этот цвет придает ему особое лишайниковое вещество — париетин, которое в виде оранже­вых кристаллов покрывает гифы корового слоя. Если ксантория растет на солнце, ее слоевище имеет яркую красновато-оранжевую окраску. В условиях слабого освещения этот лишайник полностью теряет оранжевый цвет и становится серовато-зеленоватым. Как правило, очень ярко окрашены лишайники высокогорий и полярных районов Арктики и Антарктики. Это тоже свя­зано с условиями освещения. Для высокогор­ных и полярных районов земного шара харак­терны большая прозрачность атмосферы и вы­сокая интенсивность прямой солнечной радиа­ции, обеспечивающие здесь значительную яркость освещения. В таких условиях в наруж­ных слоях слоевищ концентрируется большое количество пигментов и лишайниковых кислот, обусловливая яркую окраску лишайников. Предполагают, что окрашенные наружные слои защищают нижележащие клетки водорослей от чрезмерной интенсивности освещения.

Интересно, что слоевища многих антаркти­ческих лишайников окрашены в черный или другой темный цвет. Это тоже объясняется высокой концентрацией зеленых, синих и фио­летовых пигментов в коровом слое и плодовых телах этих лишайников. Хорошо пигментиро­ванные наружные слои антарктических лишай­ников не только защищают клетки водорослей от чрезмерно интенсивного освещения, в дан­ном случае темная окраска слоевища явля­ется приспособительной и служит для притяги­вания тепловых лучей. Как известно, условия в Антарктике крайне суровы; здесь растениям приходится переносить постоянное воздействие очень низкой температуры и жить фактически без воды. Среднегодовая температура воздуха ледяного континента —16°С. Зимой она падает до —45 °С, а летом, которое наступает в янва­ре — феврале, только днем поднимается выше нуля, ночью же снова опускается до —10 °С.

Из-за низкой температуры осадки выпадают в Антарктике только в виде снега. В такой фор­ме они не могут быть использованы растениями. Вот здесь-то темная окраска лишайников и приходит им на помощь. Темноокрашенные слоевища антарктических лишайников за счет высокой солнечной радиации быстро нагрева­ются до положительной температуры даже при отрицательной температуре воздуха. Снег, падающий на эти нагретые слоевища, тает, пре­вращаясь в воду, которую лишайник сразу же впитывает. Таким образом он обеспечивает себя водой, необходимой для осуществления процессов дыхания и фотосинтеза (Жизнь растений, 1977).

**1.1.5. Анатомия слоевища лишайников**

У лишайников в зависимостиот анатомиче­ского строения различают два типа слоевищ: 1) гомеомерное слоевище, когда водоросли разбросаны по всей толще слоевища; 2) гетеромерное слоевище, когда водоросли обра­зуют в слоевище обособленный слой.

Более примитивным считается слоевище гомеомерного строения. Если рассмотреть поперечный срез такого слоевища под микроскопом, то хорошо видно, что оно образовано беспоря­дочными переплетениями гиф гриба, среди ко­торых разбросаны отдельные клетки или нити водорослей*.* Такое строение наи­более характерно для тех лишайников, фикобионтом которых являются сине-зеленые во­доросли — носток, глеокапса и некоторые дру­гие. Эти лишайники образуют группу, изве­стную под названием слизистых лишайников. У лишайников, которые имеют фикобионтом зеленые водоросли, слоевище гомеомерного строения встречается очень редко, лишь у наиболее примитивных накипных форм.

Слоевища слизистых лишайников в сухом состоянии имеют вид темных или даже черных твердых и хрупких корок или пленок. Но они обладают одной интересной особенностью — способностью впитывать огромное количество воды, в 20 — 30 раз превышающее их собствен­ную массу. При увлажнении они сильно раз­бухают, ослизняются, приобретают характер студня или желе и становятся оливково-зелеными или грязно-зелеными. Примером может служить влажное слоевище слизистого лишай­ника лептогиума. Во внешнем облике этих лишайников имеется много общего с некоторыми свободноживущими водорослями.

Слизистые лишайники насчитывают неболь­шое число видов, всего 750, что составляет толь­ко 3% от общего числа всех известных видов лишайников. Сравнительно небольшое коли­чество этих лишайников, по-видимому, можно объяснить более поздним вовлечением сине-зе­леных водорослей в процесс образования сло­евища лишайников. Но также возможно, что захват грибом сине-зеленых водорослей был менее успешным по сравнению с зелеными во­дорослями. В силу особенностей строения сине-зеленых водорослей, нередко собранных в колонии и обладающих плотными, богатыми слизью оболочками, эти водоросли оказались более трудным объектом для гриба при уста­новлении с ними контакта и при построении слоевища. Безусловно, при захвате этих водо­рослей и их передвижении гриб испытывает гораздо больше трудностей, чем с одноклеточ­ными и другими формами зеленых водорослей. Может быть, именно этим можно объяснить и примитивное анатомическое строение слизис­тых лишайников.

Для остального огромного большинства ли­шайников характерна гетеромерная структу­ра, при которой в слоевищах можно различить дифференцированные слои. При этом, чем слож­нее морфологическое строение слоевища лишай­ника, том сложнее и его анатомическая струк­тура. У этих растений в ходе эволюции услож­нение морфологического строения слоевища шло параллельно усложнению его анатоми­ческой структуры. Так, в слоевище накипных лишайников, наиболее примитивных форм, можно различить только три анатомических слоя: коровой слой, слой водо­рослей и сердцевину. Такое же анатомическое строение имеют и некоторые листоватые лишайники, например представи­тели рода пельтигера. Но у боль­шинства листоватых лишайников, более эволю­ционно продвинутых форм, в связи с отделе­нием от поверхности субстрата происходит образование еще одного корового слоя — с нижней стороны слоевища. В таких слоевищах можно различить уже четыре слоя: верхний коровой слой, слой водорослей, сердцевину и нижний коровой слой*.* У кустистых лишайников с плоскими лентовидными лопастя­ми образуется еще один анатомический слой — слой водорослей с нижней стороны слоевища. У этих лишайников в слоевище можно разли­чить уже пять анатомических слоев: два коровых слоя на верхней и нижней поверхности слоевища, два слоя водорослей, тоже с верхней и нижней стороны лопастей, и сердцевину. И наконец, кустистые лишайники с округлыми лопастями, обладающие наиболее высокоорганизованными слоевищами, имеют радиальную структуру: снаружи лопасти этих лишайников покрыты коровым слоем, под ним расположен слой водорослей, а центральная часть слоевища заполнена сердцевиной.

Каждый из перечисленных анатомических слоев слоевища выполняет в жизни лишайника ту или иную функцию и в зависимости от этого имеет совершенно определенное строение.

Коровой слой играет в жизни лишайника очень важную роль. Он выполняет сразу две функции: защитную и укрепляющую.Он за­щищает внутренние слои слоевища от воздей­ствия внешней среды, прежде всего водоросли от чрезмерного освещения. Поэтому коровой слой лишайников обычно бывает плотного строения и окрашен в сероватый, коричне­вый, оливковый, желтый, оранжевый или красноватый цвет.

Как уже отмечалось, у некоторых листова­тых лишайников, имеющих вид более или менее округлой листовидной пластинки, слоевище прикрепляется лишь в своей центральной части с помощью короткой ножки — гомфа. Гомф — это также вырост нижней поверх­ности слоевища, и в его образовании прини­мают участие нижний коровой слой и сердце­вина лишайника. Снаружи эта толстая ножка покрыта параплектенхимным коровым слоем, а внутри ее проходят вытянутые сердцевинные гифы. На конце гомфа, на месте прикрепления к субстрату, эти гифы имеют очень толстые темные оболочки и образуют зубцы, с помощью которых слоевище очень плотно прикрепляется к поверхности скал. Некоторые кустистые ли­шайники, виды родов уснея, нейропогон и др., прикрепляются к скалам с помощью псевдогомфа, также имеющего вид короткой рас­ширенной на конце ножки. В отличие от гомфа в образовании псевдогомфа принимает участие только сердцевина лишайников. Псевдогомф образован вытянутыми, склеенными сердцевин­ными гифами, также образующими на конце темные зубцы, с помощью которых лишайник плотно прикрепляется к субстрату.

В зоне водорослей осуществляются процессы ассимиляции углекислоты и накопление орга­нических веществ. Как известно, для осуществ­ления процессов фотосинтеза водорослям не­обходим солнечный свет. Поэтому слой водо­рослей обычно размещается вблизи верхней поверхности слоевища, непосредственно под верхним коровым слоем, а у вертикально стоя­щих кустистых лишайников еще и над нижним коровым слоем. Слой водорослей чаще всего бывает небольшой толщины, и водоросли раз­мещаются в нем так, что находятся почти в оди­наковых условиях освещения. Водоросли в слое-вище лишайника могут образовывать непре­рывный слой, но иногда гпфы микобионта де­лят его на отдельные участки. Для осуществле­ния процессов ассимиляции углекислоты и дыхания водорослям необходим также нормаль­ный газообмен. Поэтому грибные гифы в зоне водорослей не образуют плотных сплетений, а расположены рыхло на некотором расстоянии друг от друга.

Под слоем водорослей расположен сердцевин­ный слой. Обычно сердцевина по толщине зна­чительно превышает коровой слой и зону во­дорослей. Особенно мощно она развита по срав­нению с другими слоями у накипных лишайни­ков. От степени развития сердцевины зависит толщина самого слоевища. Основная функция сердцевинногослоя — проведение воздуха к клеткам водорослей, содержащим хлорофилл. Поэтому для боль­шинства лишайников характерно рыхлое рас­положение гиф в сердцевине*.* Воз­дух, попадающий в слоевище, легко проникает к водорослям по промежуткам между гифами.

У некоторых кустистых лишайников, слое­вище которых далеко отстает от субстрата, серд­цевинный слой, помимо проводящей функции, выполняет еще одну — укрепляющую. Как от­мечалось, у большинства лишайников укреп­ление слоевища происходит с помощью корового слоя, который у высокоразвитых кустистых и листоватых форм постепенно становится все более толстым и плотным. Однако дальнейшее развитие в этом направлении могло бы привести к ухудшению нормальных ассимиляционных процессов: очень толстый и плотный коровой слой препятствовал бы проникновению в слое­вище воздуха и света. Поэтому в процессе раз­вития кустистых форм происходит постепенное снижение роли коревого слоя в укреплении слоевища и образование механической ткани под зоной водорослей, т. е. в сердцевинном слое (Жизнь растений, 1977).

**1.2. Биоразнообразие лишайников (экологические группы)**

Медленный рост слоевища не да­ет возможности лишайникам в более или менее благоприятных местообитаниях конку­рировать с быстрорастущими цветковыми рас­тениями или мхами. Поэтому обычно лишай­ники заселяют такие экологические ниши, где условия существования слишком суровы для других растений. Так, они обладают уди­вительной способностью расти на самых раз­нообразных субстратах: каменистых породах (известняках, гранитах, гнейсах, кварцах и др.), почве, коре деревьев, на хвое, листьях вечнозеленых растений, на мхах, гниющей дре­весине, на гниющих растительных остатках. Лишайники поселяются также на стекле, ко­стях, коже, железе, тряпках и других предме­тах, при этом важно лишь одно — чтобы эти предметы пролежали неподвижно довольно длительное время.

Хотя среди лишайников и встречаются та­кие, которые способны расти на самых разных субстратах, все же большинство видов обла­дают избирательной способностью и поселяют­ся на немногих или даже только на одном оп­ределенном субстрате.

По отношению к субстрату и другим условиям местообитания среди лишайников различают несколько основных крупных экологических групп: эпилитные лишайники — живущие на поверхности горных пород, эпифитные — растущие на коре деревьев и кустарников, эпиксильные — обитающие на гнию­щей древесине, эпигейные — растущие на поверхности почвы, эпифилльные — развивающиеся на хвое и листьях вечнозеле­ных растений, эпибриофитные — оби­тающие на дерновинках мхов, и другие.

В различных местообитаниях на скалах, почве, стволах деревьев и т.д. лишайники образуют растительные группировки — синузии, которые характеризуются определен­ным видовым составом и определенными мор­фологическими типами. На распределение лишайников влияют как физические, так и хи­мические свойства субстрата. Так, среди эпилитных лишайников можно различить группу кальцефилов, поселяющихся исключительно на известняках, доломитах и других горных породах, содержащих известь, и группу кальцефобов, растущих только на поверхностях неизвестковых пород: гранитах, гнейсах, квар­цах и др. Обе эти группы отличаются друг от друга видовым составом. Например, на изве­стняках встречается довольно большое коли­чество лишайников с эндолитными слоевищами, целиком или частично погруженными в суб­страт. Это связано с хорошей растворимостью известняков: гифы лишайников, выделяя лишайниковые кислоты, легко растворяют из­вестковые породы и проникают на довольно большую глубину — до 10 *мм,* а иногда даже более 30 *мм.* Среди кальцефобов очень мало эндолитных лишайников и почти нет видов со слоевищем, целиком погруженным в субстрат. В то же время для них характерно преоблада­ние видов со слоевищем, имеющим форму ареолированной корочки.

Обычно на поверхности скал очень обильно развиваются накипные лишайники (ризокарпоны, лецидеи, калоплаки, леканоры, гематоммьг и др.), слоевища которых образуют на ска­лах пестрые яркие пятна. Но нередко вместе с ними на скалах растут и некоторые листоватые лишай­ники — пармелии, умбиликарии, ксантории, лептогиумы и др. В горных и арктических рай­онах одним из очень характерных эпилитных лишайников является, например, листоватый красно-оранжевый лишайник ксантория эле­гантная (Xanthoria elegans). В некоторых гор­ных районах Центральной Азии этот вид до­стигает такого колоссального развития, что отдельные горные массивы принимают сплош­ной оранжевый оттенок. Среди кустистых ли­шайников типичных эпилптов сравнительно немного (лишайники рода Neuropogon, некото­рые виды Alectoria, Ramalina и др.).

Эпигейные лишайники чаще всего поселяют­ся на песчаных, торфянистых и сильно щебнистых почвах, бедных питательными вещест­вами и непригодных для произрастания дру­гих растений. Многие из этих лишайников являются ацидофильными, т.е. живущими на почве с кислой реакцией. Например, кладонии и цетрарии обычно лучше растут на кислых почвах при концентрации водородных ионов (рН) в пределах 3—7,4. Среди эпигейных ли­шайников много кустистых видов — кладонии, цетрарии, алектории, стереокаулона и др.. Из листоватых эпигейных лишай­ников наиболее широко распространены виды пельтигеры, а из накипных на почвах чаще всего встречаются представители семейства лецидеевых (Lecidea, Biatora, Bacidia, То­пила и др.). В степных и пустынных обла­стях земного шара среди напочвенных ли­шайников преобладают виды с чешуйчатым слоевищем (роды Psora Dermatocarpon, Endocarpon и др.).

На группировки эпигейных лишайников суб­страт оказывает существенное влияние. Так, по видовому составу лишайниковые синузии песчаных почв отличаются от синузии торфя­нистых почв или почв, богатых известью; в значительной степени это обусловлено реак­цией субстрата (рН). Например, на бедных пес­чаных почвах широко встречается синузия накипных лишайников Lecidea uliginosa и Baeomyces roseus; для торфянистых почв ха­рактерна другая синузия, образованная на­кипными лишайниками Icmadophila ericetorum и Lecidea granulosa, а для почв, богатых известью, — синузия Toninia coeruleonigricans и Fulgensia bracteata.

Но особенно сильно физические и химические свойства субстрата влияют на эпифитные ли­шайники. Для них большое значение имеют структура коры, ее расчленение, жесткость, частота отслаивания и другие особенности. Эпифитная лишайниковая растительность раз­ных древесных пород, как правило, разли­чается по составу. Например, на стволах со­сен обычна синузия, образованная гипогим-нией и псевдэвернией (Hypogymnia physodes и Pseudevernia furfuracea). На дубах, липах и других лиственных породах эти лишайники обычно не встречаются, зато здесь обильно развиваются виды листоватой пармелии (особен­но Parmelia sulcata, P. caperata и некоторые другие) и кустистые рамалины и эвернии (Evernia prunastri*).* Для стволов осин характерны группировки, образованные видами фисции, ксантории, калоплаки и др.

Видовой состав лишайниковых группировок зависит не только от вида дерева, но и от его возраста. В данном случае особенно сильно проявляется влияние физических свойств ко­ры. Так, например, на молодых деревьях лист­венных пород, имеющих гладкую тонкую кору, обычно развиваются накипные лишайники с эндофлеодным слоевищем (виды опеграфы, артонии, графиса и др.). С возрастом свойства коры меняются: она становится грубее, на ней появляются трещины и шероховатости. Меняется и состав живущих на ней лишайни­ков. На такой коре поселяются уже листо­ватые и кустистые лишайники (виды парме­лии, эвернии, рамалины), а из накипных — многочисленные виды леканор, лецидеи и др.

Кроме того, состав эпифитных синузий ли­шайников на одном и том же стволе дерева различен в зависимости от высоты над землей; в этом случае на распределение лишайников оказывают влияние не только физические осо­бенности коры, но и экологические факторы — освещенность, влажность и некоторые другие.

Однако, несмотря на тесную зависимость, су­ществующую между лишайниками и субстра­том, на котором они поселяются, до сих пор с достоверностью еще неизвестно, исполь­зуют лишайники субстрат только как место прикрепления или они извлекают из него не­которые питательные вещества, необходимые для их жизнедеятельности. С одной стороны, спо­собность лишайников расти на субстратах, бедных питательными веществами, дает основа­ние считать, что они используют субстрат лишь как место прикрепления. Однако, с другой сто­роны, избирательная способность, проявляе­мая лишайниками при расселении, строгая приуроченность большинства из них к оп­ределенному субстрату, зависимость видо­вого состава лишайниковой растительности не только от физических, но и от химических свойств субстрата невольно наводят на мысль, что лишайники используют субстрат и как дополнительный источник питания. Это под­тверждается и биохимическими исследования­ми, проведенными в последние годы. Например, выяснилось, что у одного и того же вида ли­шайника, растущего на разных древесных по­родах, состав лишайниковых веществ может быть неодинаковым. Еще более очевидным до­казательством служит открытие у лишайников внеклеточных ферментов, которые выделяются во внешнюю среду. Внеклеточные ферменты, такие, например, как инвертаза, амилаза, целлюлаза и многие другие, представлены в ли­шайниках довольно широко и обладают доста­точно высокой активностью. Причем, как ока­залось, они наиболее активны в нижней части слоевища, которой лишайник прикреплен к субстрату. Это указывает на возможность активного воздействия слоевища лишайников на субстрат с целью извлечения из него до­полнительных питательных веществ.

Помимо свойств субстрата, на расселение лишайников большое влияние оказывают так­же климатические факторы — свет, влаж­ность, температура.

Насколько разнообразны слоевища лишай­ников по окраске, настолько же разнообразны они и по форме. Слоевище может иметь вид корочки, листовидной пластинки или кустика. В зависимости от внешнего облика различают три основных морфологических типа: накип­ные, листоватые и кустистые лишайники (Шапиро, 1991).

**1.3. Роль микроорганизмов в лишайниковом симбиозе**

Рассматривая микроорганизмы в качестве сожителей лишайников более или менее приспособленных к узко специфическим условиям существования, Красильников отмечает две стороны их деятельности. С одной стороны, несомненна их роль в почвообразовании и подготовке субстрата для развития данной группы низших растений, а с другой — участие в различных процессах, протекающих в лишайниках как в самостоятельной экосистеме, синтезе и де­струкции веществ.

Размеры бактерий позволяют им проникать в мельчайшие поры бесплодных каменистых субстратов. В результате своей жизнедеятельности они способст­вуют разрушению и выветриванию таких горных пород, как гранит, базальт, туф и др. Приспособленные к существованию на бедных субстратах, в которых отсутствуют сложные органические вещества и ограничено количество минерального азота, бактерии, по мнению Красильникова, являются пер­выми поселенцами скальных пород. Они, как и свободноживущие водоросли, подготавливают почву для последующего развития низших растений, в част­ности лишайников. Наличие среди бактерий большого числа азотфиксаторов (преимущественно олигонитрофилов) играет существенную роль в обогащении природных субстратов азотом. Учитывая, что в лишайниках обитают различные группы микроорганизмов, можно предположить, что и функции, выполняемые бактериями в лишайниках, также разнообразны. Известно, например, что раз­витие водорослей и грибов влечет за собой накопление в среде органических веществ,что является как результатом прижизненных выделений клеток, так и следствием их автолиза. Сопутствующие бактерии, несомненно, исполь­зуют органические вещества, выделяемые грибами и водорослями. Можно пред­положить, что выделения водорослей и грибов изменяются в зависимости не только от вида лишайника, но и от различных экологических условий. Эти раз­личия в свою очередь вероятно, приводят к изменениям количественного и ка­чественного составов сопутствующих микроорганизмов. Однако основные прин­ципы участия всех организмов в жизнедеятельности данной системы, по-види­мому, остаются общими.

Среди микроорганизмов, обитающих в слоевище лишайников, особый ин­терес представляют олигонитрофильные бактерии, которые связывают атмо­сферный азот и тем самым регулируют азотное питание лишайников. Кроме того, как показано работами Н.И. Мальцевой и Н.А. Карпушина (1969) и Мальцевой и др. (1977), олигонитрофильные микроорганизмы продуцируют внеклеточные слизистые вещества полисахаридной природы. Слизи микробного происхождения, по некоторым литературным данным, могут использоваться другими микроорганизмами, в частности актиномицетами, нокардиями и плес­невыми грибами в реакциях энергетического и конструктивного обмена. В то же время известно, что олигонитрофилы, входя­щие в состав микробных ассоциаций, снабжают сопутствующую микрофлору биологически активными веществами, органическими кислотами и азотом, фиксированным из воздуха. Считают, что одной из причин возникновения тес­ных взаимоотношений, складывающихся в почве между олигонитрофилами и другими микроорганизмами, и образования прочных микробных ассоциаций являются внеклеточные слизи олигонитрофилов, которые используются как самими продуцентами, так и сопутствующими микроорганизмами в качестве источника энергии. Возможно, этот фактор объясняет отсутствие в чистых культурах роста некоторых микроорганизмов из группы «карликовых», которые могут развиваться только при смешанных посевах (Добровольская, Соколов, 1962).

Таким образом, внеклеточные слизистые вещества, выделяемые олигонитро­филами, вероятно, можно рассматривать как важный экологический фактор формирования микробных ассоциаций и жизнедеятельности отдельных микро­организмов в лишайниках. Продуцируя биотические вещества, некоторые мик­роорганизмы стимулируют рост ряда гетероауксотрофных бактерий, грибов и дрожжей (Красильников, 1949).

Пигментные формы бактерий и грибов выполняют определенную защитную функцию в лишайниках. Вырабатывая каротиноидные пигменты, они защищают лишайник от действия ультрафиолето­вых лучей. Красильников отмечает, что пигментные формы микроорга­низмов хорошо приспособлены к условиям очень низкой влажности, поэтому устойчивы к высушиванию.

Целлюлозоразрушающие микроорганизмы, разрушают оболочки отмерших водорослей, чем обеспечивают круговорот углерода в лишайниках как своеобразной экосистеме. Образующиеся при рас­щеплении целлюлозы углеводы могут быть использованы микобионтом и дру­гими микроорганизмами. Хитин — основной компонент клеточной стенки микобионта лишайника — может служить хорошим субстратом для развития актин омицетов (Шлегель, 1972).

Накопленные к настоящему времени литературные данные свидетельствуют о наличии многочисленных и разнообразных групп микроорганизмов, связан­ных сложными метаболическими взаимоотношениями как с симбионтами лишайников, так и между собой. Однако имеющихся данных еще недостаточно для определения взаимосвязи и взаимовлияния симбионтов лишайников и оби­тающих в них бактерий. Для установления и определения этих связей большое значение может иметь ресинтез лишайников в стерильных условиях. По-видимому, в естественно складывающемся лишайниковом сообществе устанавливаются определенные типы взаимоотношений между бактериями и симбионтами лишайника. Очевидно, какие-то физиологические процессы жизнедеятельности лишайников влияют на выживаемость определенных видов бактерий и способствуют развитию форм, приспособленных к совместному существованию.

Таким образом, более глубокое изучение микроорганизмов, обитающих в лишайниках и продуктов метаболизма как симбионтов лишайников, так и сопутствующих им микроорганизмов позволит понять и изучить характер взаимосвязей и взаимозависимостей, обеспечивающих формирование и существование такого уникального биоценоза как лишайник (Красильников, 1949).

**1.4. Хозяйственное значение лишайников**

Будучи одним из основных напочвенных растений тундровой зоны, некоторые лишайники (кладонии и цетрарии) являются главным **кормовым растением** для северных оленей. Олени обладают способностью чувствовать запах лишайников и сквозь снеговой покров, из-под которого они их достают, разгребая снег копытами. При кормежке олени скусывают лишь верхушки кустиков кладоний и цетрарии, и лишайники продолжают свой рост. Однако растут они медленно, и для восстановления пастбищ требуется от 10 до 30 лет. Поэтому в оленеводческих хозяйствах Севера ведется плановое использование лишайниковых пастбищ с учетом их возобновления. Лишайники используют в пищу и другие животные; например, свиньи и овцы охотно поедают кладонию листоватую, кладонию оленевидную и др.

В Японии **употребляется в пищу** и даже служит предметом экспорта в страны Юго-Восточной Азии растущий на скалах листоватый лишайник гирофора съедобная (Gyrophora esculenta). Съедобен и лишайник аспицилия съедобная (Aspicilia esculenta), растущий в степной и полупустынной зонах. Он содержит до 55-65% щавелевокислого кальция. Однако усвояемость питательных веществ лишайников очень незначительна.

В результате взаимодействия гриба и водоросли, составляющих организм лишайника, образуются **специфические вещества**, которые в природе нигде больше не встречаются. Это так называемые лишайниковые вещества, или **лишайниковые кислоты**.

Некоторые из этих кислот обладают антибиотическим действием, например усниновая кислота, образуемая 70 видами лишайников. Это сильный **антибиотик**, который под названием «бинан» введен в медицинскую практику для лечения некоторых заболеваний и рекомендован к применению в ветеринарии.

Некоторые лишайниковые вещества действуют как **стимуляторы**, поднимающие тонус организма. На этом основано использование в народной медицине отваров цетрарии исландской («исландский мох»). В ее состав входит паралихестериновая кислота, обладающая тонизирующим действием.  
Из широко распространенного лишайника эверния сливовая («дубовый мох») извлечено вещество резиноид, обладающее **ароматическими** свойствами и являющееся хорошим закрепителем аромата. Этот препарат заменяет соответствующее импортное сырье для парфюмерной промышленности. К духам, в состав которых входит резиноид, относятся «Шипр», «Кристалл», «Кремль», «Кармен», «Маска», «Свежее сено» и др. Этот же лишайник и реже другой вид — эверния шелушащаяся — применялись в странах Северной Африки для ароматизации хлеба.

Некоторые лишайники из рода рочелла, растущие на морских побережьях, а также охролехия виннокаменная, растущая на скалах и на почве в северных районах России, применяются местным населением как **красители**.

В наши дни, когда актуальнейшей проблемой стала борьба с **загрязнением окружающей среды**, лишайники могут сослужить человеку еще одну службу. Многие виды лишайников — хорошие **индикаторы степени загрязненности воздуха**. Вблизи больших промышленных городов они растут плохо и постепенно вымирают. Так, очень чувствительны к загрязнению воздуха накипные лишайники охролехия двуполая и леканора выпуклоплодная, растущие обычно на коре деревьев и обнаженной древесине. Разработаны шкалы и простые математические формулы для определения степени загрязненности воздуха на основе наличия или отсутствия определенных лишайниковых группировок. Поэтому вместе с врачами-гигиенистами и химиками, занимающимися оценкой чистоты воздуха в городах и промышленных районах, теперь часто работают и лихенологи.

В перспективе при широком и углубленном изучении лишайники могут стать источниками ценных **биологически активных веществ** (медицинских препаратов и т. д.). Однако использование лишайников должно вестись планомерно, на заранее разработанной научной основе, чтобы не нанести непоправимый ущерб природе, в которой они играют свою определенную важную роль (Шапиро, 1991).

**2. ЛИШАЙНИКИ КАК ИНДИКАТОРЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

Проблема загрязнения природной среды - одна из глобальных проблем современного мира. В связи с интенсивным развитием промышленности и транспорта в атмосферу, гидросферу, литосферу поступает все большее количество вредных выбросов. На земном шаре практически невозможно найти место, где бы ни присутствовали, в той или иной концентрации, загрязняющие вещества (поллютанты).

Среди веществ, загрязняющих воздух, наибольшее значение имеет сернистый газ, галогены и их соединения, оксид углерода, сероводород, аммиак, этилен. А также копоть, пепел, твердые частицы пыли (цемента, извести, кремния, каменного угля, металлов и их соединений).

Благодаря уникальным свойствам лишайников их стали использовать для общей оценки степени загрязненности атмосферного воздуха. На этой основе стало развиваться особое направление индикационной экологии - **лихеноиндикация** (Шкараба, Селиванов, 2001).

Как и большинство биологических методов оценки состояния окружающей среды, метод лихеноиндикации не позволяет различить конкретные вредные вещества, загрязняющие атмосферный воздух, но зато позволяет выделить территории, подверженные воздействию загрязненного воздуха. Для этого иногда бывает достаточно даже неполного описания разнообразия и обилия лишайников на единице площади в данном массиве (http://www.eco.nw.ru).

Общие изменения структуры лишайниковых сообществ под воздействием загрязнения проявляются в уменьшении числа видов и обилия чувствительных видов, смене субстратов и увеличении обилия устойчивых к загрязнению видов, изменение спектра жизненных форм (уменьшение доли кустистых и, в меньшей степени, листоватых лишайников). В основе этих изменений лежит дифференциальная чувствительность различных видов к воздействию поллютантов (Голубкова, Малышева, 1978).

Чувствительность лишайников к загрязнению обусловлена несколькими причинами:

1. лишайники представляют собой симбиоз гриба и водорослей и любое, даже не значительное, влияние может изменять баланс взаимодействия между симбионтами, что сказывается на их жизнеспособности;
2. лишайники поглощают аэрозоли и газы всей поверхностью талломов, а также периодически подвергаются дегидратации талломов (обезвоживанию), что приводит к росту концентрации загрязняющих веществ в талломах до высоких уровней;
3. водоросль требуксия (Trebuxia), входящая в состав 80% видов лишайников, обладает высокой чувствительностью к повышенным концентрациям сернистого газа в атмосфере;
4. четкая зависимость лишайников от величины кислотности субстрата (рН среды), поллютанты могут изменять значения рН в ту или иную строну, и эти значения могут выходить за пределы выносливости одних видов и поселению на данном субстрате других (Инсарова, Инсаров, 1989).

Установлено, что наиболее удобными для изучения являются эпифитные лишайники (обитающие на стволах и ветвях деревьев). Это связано с тем, что стволы деревьев подвергаются более сильной циркуляции воздуха в течении всего года, чем напочвенная растительность. К тому же все необходимые вещества эпифиты получают только из атмосферы, а субстрат служит им только местом для прикрепления. Эпифиты удобны для изучения еще и потому, что существуют в более-менее однородных условиях местообитания, тогда как напочвенные и эпилитные лишайники могут обитать на целой мозаике из различных микроусловий и их распространение может в большей степени зависеть от случайных факторов, а не от загрязнения (http://fadr.msu.ru/ecocoop/monitor).

Также установлено, что при повышении степени загрязнения воздуха первыми исчезают кустистые, затем листоватые и последними накипные (корковые) формы лишайников (Шкараба, Селиванов, 2001).

**3. МЕСТО И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ**

Исследования были проведены на территории пгт Алексеевка. Были выбраны два района исследований, которые на наш взгляд коардинально отличаются по степени загрязнения атмосферного воздуха:

1. Деревья, растущие вдоль проезжей части по улицы в районе учебного корпуса МОУ СОШ №4.

2. Участок древостоя в парке (ближе к центру парка) на расстоянии приблизительно 40-50м пгт Алексеевка

В основу методики оценки относительной численности эпифитных лишайников был положен метод линейных пересечений, который заключается в наложении гибкой ленты с миллиметровыми делениями на поверхность ствола дерева с фиксированием всех пересечений её со слоевищами лишайников. В качестве ленты использовался «портняжный метр» с миллиметровыми делениями.

После выбора дерева определили на стволе точку, находящуюся на высоте 1,5 метра от основания ствола с северной стороны. Затем на ствол наложили мерную ленту с делениями таким образом, чтобы ноль шкалы ленты совпадал с выбранной точкой, а возрастание чисел на шкале соответствовало движению по часовой стрелке (с севера на восток). После полного оборота ствола лента закрепляется на стволе булавкой в нулевой точке. Совмещая последнее деление и ноль ленты, определили длину окружности ствола.

При измерении отмечали начало и конец каждого пересечения ленты с талломами лишайников. Измерения проводили с точностью до 1 мм.

По завершении измерений провели расчёт проективного покрытия лишайников на основе линейных пересечений, который определяет отношение «заросшей» лишайниками части ствола к общей поверхности. Зная общую длину окружности ствола и принимая её за 100%, рассчитали проективное покрытие лишайников (Малышева, 1996).

Проективное покрытие определяется для всех видов лишайников в сумме.

Видовую принадлежность лишайников определили в лабораторных условиях по определителю.

По чувствительности к атмосферным загрязнителям лишайники делят на *среднечувствительные* и *высокочувствительные.* К первой группе относят, например, некоторые виды пармелий (бороздчатую, скальную) и кладоний (порошистую, бахромчатую). Высокой чувствительностью отличаются уснеи (хохлатая, пышная), цетрария сизая,кладония неприглаженная, ксантория настенная (золотянка).

При больших концентрациях часто встречающегося загрязнителя – двуокиси серы – лишайники преждевременно стареют. Так называют состояние организма, когда слоевище нарастает по краям, а сердцевинные его части отстают от субстрата и выпадают. И тогда колонии листоватых или кустистых лишайников приобретают очертания полумесяца.

Есть и другой, не менее заметный показатель качества окружающей среды. По мере приближения к источнику загрязнения слоевища становятся более толстыми, компактными.

**4. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Первой была обследована территория в районе учебного корпуса МОУ СОШ №4:

1. Длина окружности первого ствола из обследуемых (ясень) – 28 см.

Пересечение ленты с талломами наблюдались на отметках: 2,0 – 4,3; 5,5 – 6,6; 14,0 – 14,7.

1. Длина окружности второго ствола (клен американский) – 29 см.

Пересечение ленты с талломами наблюдались на отметках: 2,4 – 9,7; 17,7 – 18,2.

1. Длина окружности третьего ствола (береза повислая) – 22 см.

Пересечение ленты с талломами наблюдались на отметках: 3,0 – 9,0; 10,1 – 11,3; 11,7 – 12,7; 13,0 – 15,5; 15,6 – 18,0; 19,3 – 22,0.

1. Длина окружности четвертого ствола (вяз мелколистный) – 31 см.

Пересечение ленты с талломами наблюдались на отметках: 2,6 – 4,1; 5,3 – 6,1; 12,2 – 14,9.

1. Длина окружности пятого ствола (вяз мелколистный) – 29 см.

Пересечение ленты с талломами наблюдались на отметках: 2,2 – 4,0; 6,3 – 8,1; 11,9 – 15,3.

Общая сумма «протяжённости» лишайников на каждом дереве составила:

*1 дерево: 4,1 см (1,1 + 2,3 + 0,7)*

*2 дерево: 7,8 см (7,3 + 0,5)*

*3 дерево: 2,2 см (6,0 + 1,2 + 1,0 + 2,5 + 2,4 + 2,7)*

*4 дерево: 5,0 см (1,5 + 0,8 + 2,7)*

*5 дерево: 7,0 см (1,8 + 1,8 + 3,4)*

Находим величину проективного покрытия лишайников

* 1. *4,1: 28 х 100 = 14,64%*
  2. *7,8 : 29 х 100 = 26,9%*
  3. *2,2 : 22 х 100 = 10%*
  4. *5,0 : 31 х 100 = 16,1%*
  5. *7,0 : 29 х 100 = 24,1%*

Большого видового разнообразия лишайников на данной территории не обнаружено, нами определены на обследуемых стволах следующие виды: Ксантория настенная (Xanthoria parietina) и Пармелия бороздчатая (Parmelia sulcfta).

В парковой зоне для достоверности сравнения результатов нами были выбраны те же древесные породы и с приблизительно такой же окружностью ствола.

Величина проективного покрытия лишайников в данном случае была следующей

* 1. *7,1: 28,5 х 100 = 24,9%*
  2. *11,3 : 28,5 х 100 = 39,6%*
  3. *8,6 : 23 х 100 = 37,4%*
  4. *8,1 : 32 х 100 = 25,3%*
  5. *10,4 : 28 х 100 = 37,1%*

И видовое разнообразие лишайников в парке несколько больше: кроме указанных для первого участка видов нами так же были зарегистрированы еще 2 вида: Ксантория многоплодная (Xanthoria polycarpa) и Псора ступенчатая (Psora scalaris).

Таким образом, сравнивая площади проективного покрытия лишайников на деревьях одних и тех же пород и с приблизительно равными окружностями ствола на двух обследуемых территориях, мы можем сделать вывод, что состояние атмосферного воздуха в парковой зоне более благополучно сточки зрения чистоты, так как и количество, и видовое разнообразие лишайников, в этой зоне больше.

Так же хочется отметить, что данная методика довольно проста в использовании и может с успехом применяться для исследовательских работ школьников.

**ВЫВОДЫ:**

Чем больше индустриализирован будет поселок, чем сильнее загрязнен воздух, тем меньше встречается в нем видов лишайников и ниже их жизнеспособность; при повышении степени загрязненности воздуха первыми исчезают кустистые лишайники, за ними - листоватые и последними - накипные.

При изучении лишайников в пгт Алексеевка было определено: кустистых лишайников на исследуемых участках не было обнаружено, значит загрязнение уже есть и достаточно высокой степени.

Интересным фактом является тот, что накипных лишайников очень мало, особенно на улице вблизи проезжей части. Листоватые лишайники   
встречаются. Было обнаружено 4 вида этих лишайников. Больше их в количественном отношении нами зарегистрировано в парковой зоне и меньше на улице с большим движением транспорта. Значит, интенсивность движения сказывается на численности лишайников.

Выбранный нами район пгт Алексеевка в экологических сводках характеризуется средней загрязненностью. Для лишайников это "зона угнетения". Чем сильнее загрязнен воздух, тем меньшую площадь покрывают лишайники на стволах деревьев.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. *Бирюкова А.* Определение чистоты воздуха по лишайникам // <http://fadr.msu.ru/ecocoop/monitor>
2. *Верясова Ю, Пареева М.* Биоиндикация загрязненности воздуха // http://www.eco.nw.ru
3. Голубкова Н.С., Малышева Н.В. Влияние роста города на лишайники и лихеноиндикация атмосферных загрязнений г. Казани // Ботан. журн., 1978. Т. 63, № 8. C. 1145-1152.
4. *Добровольская Т.Г., Соколов А.А.* Азотфиксирующие бактерии в лишайниках. // // Бюлл. МОИП. Отдел. микробиологии. Серия 81(1). М.: АН РСФСР, 1962. С. 124-125.
5. Жизнь растений в 6. т. Т. 3. Водоросли. Лишайники. М.: Просвещение, 1977. С. 379-381, 382-385, 490-419, 420-423, 426-431.
6. *Инсарова И.Д., Инсаров Г.Э.* Сравнительные оценки чувствительности эпифитных лишайников различных видов к загрязнению воздуха // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. Л.: Гидрометеоиздат, 1989. Т. 12. C. 113-175.
7. *Красильников Н.А.* Микрофлора лишайников. // Бюлл. МОИП. Отдел. микробиологии. Серия 81(1). М.: АН РСФСР, 1949. С. 84-86.
8. Лишайники как индикаторы чистоты воздуха // http://miksike.net/docs
9. *Малышева Н.В.* Биоразнообразие лишайников и оценка экологического состояния парковых ландшафтов с помощью лишайников (на примере парков окрестностей Санкт-Петербурга) // Новости систематики низших растений. СПб., 1996. Т. 31. С. 135-137.
10. *Петров В.В., Абрамова Л.И.* Общая ботаника с основами геоботаники. М.: Высшая школа, 1994. С. 142-147.
11. *Шапиро И.А.* Загадки растения сфинкса. Лишайники и экологический мониторинг. Л.: Гидрометеоиздат, 1991. 80 с.
12. *Шкараба Е.М., Селиванов А.Е.* Использование лишайников в качестве индикаторов загрязнения окружающей среды: Учебное пособие. - Пермь. Изд. ПГПУ, 2001
13. *Шлегель Г*.М. Общая микробиология. М.: Мир, 1972. С. 211-218.