

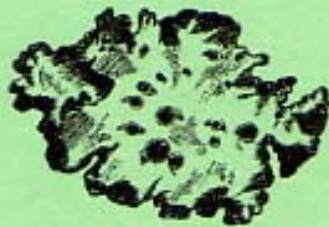
ДЕПАРТАМЕНТ ОБРАЗОВАНИЯ ГОРОДА МОСКВЫ

МОСКОВСКАЯ ГОРОДСКАЯ СТАНЦИЯ
ЮНЫХ НАТУРАЛИСТОВ

ИНСТИТУТ ГЛОБАЛЬНОГО КЛИМАТА И ЭКОЛОГИИ
РОСГИДРОМЕТА И РАН

А. В. Пчелкин

ПОПУЛЯРНАЯ ЛИХЕНОЛОГИЯ



МОСКВА
2006

Пчелкин А. В. Популярная лихенология. — М. МГСЮН, 36 с.

Учебное пособие содержит общие сведения о строении, жизненных формах, размножении, распространении лишайников. Описана роль лишайников в природных сообществах, а также в использовании лишайников человеком. Приводятся рекомендации по определению лишайников.

Издание предназначено для педагогов учебных эколого-биологических объединений и обучающихся учреждений дополнительного образования, учителей школ, школьников, студентов младших курсов ВУЗов, натуралистов.

Редактор — Моргун Д. В., кандидат философских наук, заместитель директора по научно-методической работе.

Издание подготовлено на Московской городской станции юных натуралистов (ул. Одесская, 12А, www.mgsun.ru), в Институте глобального климата и экологии Росгидромета и РАН.

© Пчелкин Алексей Васильевич, текст, макет, фотографии, 2006 г.

© Моргун Дмитрий Владимирович, редактирование, макет,
дизайн обложки, 2006 г.

© Князев Михаил, Ерохина Софья, иллюстрации на обложке, 2006 г.

ВВЕДЕНИЕ

Среди растений существует особая группа организмов, которые сильно отличаются от остальных растений - это лишайники. Если начать изучение лишайников под микроскопом, можно заметить, что они состоят из двух совершенно различных организмов: микроскопических зеленых или сине-зеленых водорослей и бесцветного грибного компонента. Взаимоотношения гриба и водоросли в лишайнике представляют ярко выраженный пример симбиотических отношений.

Однако лишайниковый симбиоз отличается от симбиоза других организмов тем, что в результате получился совершенно новый, специфический организм, который по внешнему виду отличается как от гриба, так и от водоросли. В этом симбиотическом организме водоросль в результате фотосинтеза поставляет углеводы, потребляемые грибом, который, в основном, и формирует тело, или таллом лишайника. Следовательно, гриб в некоторой степени паразитирует на водоросли. В нормальных условиях такой паразитизм гриба не особенно обременителен для водоросли, однако в некоторых случаях, например, при воздействии ионов тяжелых металлов, водоросль ослабевает и гриб иногда ее полностью уничтожает и тогда лишайник погибает. Некоторые исследователи такой тип симбиотических отношений называют "илотизмом", т.к. взаимоотношения фико- и микобионта в лишайнике немного напоминают взаимоотношения илотов и спартанцев в древней Спарте. Гриб получает от водоросли питательные вещества при помощи особых абсорбционных всасывающих органов - гаусториев, импрессориев и аппрессориев.

Несмотря на столь необычное строение, лишайники - одни из древнейших растений. Предшественники лишайников, симбиотические организмы, состоящие из синезеленых водорослей и бактерий встречены в отложениях, возраст которых 2 - 2,5 млрд. лет. Наиболее ранние ископаемые остатки лишайника, названного *Ramalinites lacerus* и одного вида из рода *Opegrapha* известны из мезозойских отложений возраста 135 - 225 млн. лет. Известны остатки Пармелия (*Parmelia*) и Рамалина (*Ramalina*) из кайнозоя возраста 25 - 70 млн. лет. В янтаре из Калининградской области обнаружены виды, которые встречаются и сегодня: Гипогимния вздутая (*Hypogymnia physodes*), Графис письменный (*Graphis scripta*), Анаптихия реснитчатая (*Anaptychia ciliaris*). Возраст этих находок также 25 - 70 млн. лет.

Грибной компонент лишайника называют микобионтом, а водорослевый - фикобионтом. Однако, поскольку в последнее время синезеленые водоросли относят к цианобактериям, для фотосинтезирующего компонента лишайника введен новый термин - фотобионт.

Некоторые исследователи относят лишайники к грибам, поскольку основной формообразующий компонент - микобионт и называют лишайники лишенизированными грибами. И хотя некоторые наиболее примитивные лишайники могут иногда не содержать водоросли, од-

нако своеобразная форма тела, наличие особых лишайниковых веществ позволяют считать лишайники совершенно самостоятельной группой организмов.

ИСТОРИЯ ИЗУЧЕНИЯ ЛИШАЙНИКОВ

Слово "лишайник" пришло из Древней Греции. Термин впервые был введен Теофрастом, бывшем современником Платона и Аристотеля и жившем в 371-284 г.г. до нашей эры. Книги Теофраста были иллюстрированными и поэтому сегодня мы знаем, какие именно растения он называл лишайниками. Те же растения упоминаются в *Materia Meduca* Диоскорида в 68 г.н.э., позднее иллюстрированные в 512 году. Судя по описаниям, упоминаются Эверния сливовая (*Evernia prunastri*), Псевдоэверния шелушащаяся (*Pseudevernia furfuracea*) и вид из рода Рочелла (*Roccella*). Это были первые изображения лишайников на бумаге. Плиний Старший упоминает лишайники как источник получения дешевой краски для ткани.

Эпоха Возрождения характеризуется большим интересом к растениям и поэтому одними из первых книг, напечатанных вслед за Библией, были травники, содержащие сведения об использовании растений. Самая ранняя напечатанная иллюстрация лишайников относится к 1480 году и изображает виды родов Уснея (*Usnea*) и Лобария (*Lobaria*). Изображения Лобарии легочной (*Lobaria pulmonaria*) и Алектории (*Alectoria sp.*) мы видим в травнике Л'Обеля 1576 г., бельгийца, перебравшегося в Англию и назначенного на должность ботаника короля Джеймса I. Именем Л'Обеля назван один из популярных садовых цветов - лобелия.

Марчелло Мальпиги, известнейший итальянский биолог, в 1686 году в своей *Opera Omnia* первым описал соредии у лишайников. Шотландец Роберт Морисон в своей книге *Plantarum Historiae Universalis Oхoniensis* первым отнес лишайники к грибам и назвал их мохогрибами. Его великолепные иллюстрации 1699 г. содержат изображения Лобарии легочной (*Lobaria pilmonaria*), Уснеи (*Usnea articulata*), (*Usnea subfloridana*), различные виды родов Кладония (*Cladonia*), Пельтигера (*Peltigera*), Пармелия (*Parmelia*). Француз Жозеф де Турнефорт в 1694 г. предложил группу мохо-грибов Роберта Морисона называть лишайниками. Он предложил называть лишайниками "группу растений, лишенных цветов, но имеющих маленькие плодовые чашечки с мельчайшими пылинками или семенами, которые видны только под микроскопом". Его описание сорока четырех видов лишайников говорит о том, что он был первым, увидевшим аскоспоры.

Карл Линней, знаменитый шведский биолог и создатель биномиальной системы, включил все известные к тому времени лишайники в один род, разделенный на семь секций в зависимости от жизненной формы. Позднее Ахариус, также живший в Швеции, в своей *Lichenographia Universalis* в 1810 году разделил линнеевский род ли-

шайников на 41 род, сгруппированных в классы в соответствии с характером и типом плодоношения. Он различал два типа размножения: соредии и аскоспоры. Каждому виду лишайника присваивалось биномиальное название и краткое описание, включающее структуру, местообитание, местонахождение и синонимику.

Лихенологи тех времен были настоящими энтузиастами своего дела. Рассказывают, что Уоллберг сообщил Дюфору о том, что он послал Ахариусу большую коллекцию лишайников из Испании. Последний был этим так взволнован, что заболел и через несколько дней, 14 августа 1819 года, умер. Однако Дюфор считает, что это было только совпадением.

Впервые важность характеристик аскоспор была подчеркнута в 1846 году итальянским ботаником Джузеппе Нотарисом, обнаружившим, что в некоторых родах лишайников аскоспоры были одного типа, например, коричневыми с одной поперечной перегородкой, а в других разных типов. Это заставило его заняться изучением строения спор и использования различий в строении и размерах спор для дифференциации одного вида лишайника от другого.

Однако осознание двойственной структуры лишайников пришло позднее, когда на основании опытов А. С. Фаминцина и О. И. Баранецкого гипотезу о дуализме лишайников в 1867 году высказал Швенденер. До него обнаруженные в лишайниках клетки водорослей не воспринимались как отдельный организм. Уоллрот в 1825 году считал их репродуктивными структурами лишайников и назвал гонидиями, термином, применяемым до настоящего времени. Многие лихенологи прошлого века воспринимали теорию Швенденера как ересь и как покушение на лихенологию и на них самих. Например, Вильям Ньюландер, возможно самый знаменитый лихенолог своего времени, полностью отвергал дуалистическую теорию и воспринимал любого, кто на ней настаивал, как своего персонального врага. В настоящее время двойственная природа лишайников ни у кого не вызывает сомнений.

Классификация лишайников претерпевала существенные изменения: сначала их называли мхами, затем мохо-грибами (*musco-fungi*), затем лишайниками, и наконец, лихенизированными грибами. Систематика лишайников до настоящего времени претерпевает изменения и существуют различные системы их классификации. Еще недавно наиболее распространенной была система классификации Цальбрукнера, однако в последнее время ее сменила система Пельта, которая в свою очередь трансформируется и изменяется. Это касается не только лишайников в целом, но и отдельных видов, родов, семейств. Классификация лишайников меняется со скоростью моды на одежду и часто, как и мода, возвращается. Например, род Кладония (*Cladonia*) не так давно был разделен на собственно род *Cladonia* и выделенный из него род Кладина (*Cladina*). Впоследствии эти два рода снова объединили в один род *Cladonia*. Из рода Леканора (*Lecanora*) был выделен род Плаколе-

канора (*Placolecanora*), впоследствии снова включенный в род *Lecanora*. Из семейства *Usneaceae* род *Ramalina* был выделен в отдельное семейство *Ramalinaceae*, а рода *Usnea*, *Evernia*, *Letharia* и некоторые другие включены в семейство *Parmeliaceae*. Из рода *Parmelia* были выделены в качестве отдельных родов *Arctoparmelia*, *Flavoparmelia*, *Flavopunctelia*, *Hypotrachyna*, *Melanelia*, *Myelochroa*, *Neofuscelia*, *Parmelina*, *Parmelinella*, *Parmotrema*, *Punctelia*, *Rimelia*, *Xanthoparmelia*, а из рода *Cetraria* - *Allocetraria*, *Cetrariella*, *Cetrariopsis*, *Cetrelia*, *Nephromopsis*, *Tuckermannopsis*.

В настоящее время лишайники включены в классификационную систему грибов (Ascomycota). Большинство видов лишайников относятся к классу Lecanoromycetes. Таким образом полное систематическое положение, например, широко распространенного лишайника Леканоры разнообразной (*Lecanora allophana*) следующее:

Phylum **ASCOMYCOTA**
Subphylum **Pezizomycotina**
Class **Lecanoromycetes**
Order **Lecanorales** Nannf.
Suborder **Lecanorineae**
Lecanoraceae Körb.
Lecanora Ach.
Lecanora allophana Nyl.

КАК УСТРОЕНЫ ЛИШАЙНИКИ

ОКРАСКА

При изучении лишайников прежде всего обращают внимание на жизненную форму и цвет. Последний зависит от различных пигментов и различен у разных видов, что часто имеет систематическое значение. Окраска лишайников очень разнообразна: желтая, красная, коричневая, белая, серая, черная, зеленая, голубоватая, оливковая.

Пигменты лишайников откладываются в оболочках грибных гиф, реже в протоплазме. На интенсивность окраски сильное влияние оказывает освещенность: чем больше освещенность, тем ярче окраска. Наиболее яркая окраска у лишайников высокогорных и приполярных районов Арктики и Антарктики. Это связано с тем, что пигменты, словно светофильтры, защищают лишайники от жесткого ультрафиолета, а в приполярных районах темноокрашенные лишайники быстрее нагреваются, снег и иней на их поверхности тает и превращается в капельножидкую влагу, необходимую лишайникам.

ЖИЗНЕННЫЕ ФОРМЫ ЛИШАЙНИКОВ

Жизненные формы лишайников также различны. Существует множество классификаций, описывающих жизненные формы лишайников, однако в целом их все можно свести к четырем формам: листоватым, кустистым, накипным и чешуйчатым. Наиболее эволюционно развитыми считаются кустистые лишайники.

Таллом листоватых лишайников представляет из себя различной формы листочки, прикрепленные к субстрату, на которых они растут. Верхняя и нижняя поверхности таких лишайников различаются как по цвету, так и по структуре. Таллом листоватых лишайников, как правило, образует розетки различного диаметра: от нескольких миллиметров до десятков сантиметров. В основном талломы листоватых лишайников прикрепляются к субстрату особыми выростами нижней поверхности: ризинами, ризоидами, гомфом, хотя иногда такие выросты отсутствуют и тогда лишайники прикрепляются к субстрату всей нижней поверхностью, как например, виды рода Гипогимния (*Hypogymnia*). Некоторые виды не прикрепляются к субстрату совсем и образуют свободноживущие формы, как например, Пармелия блуждающая (*Parmelia vagans*). Способы прикрепления лишайников к субстрату также имеют систематическое значение. Лопастей листоватых лишайников бывают как узкими, так и широкими - соответственно различают мелко- и крупнолистоватые виды. Края лопастей варьируют от цельных до бахромчатых и курчавых. Верхняя поверхность листоватых лишайников бывает гладкой, морщинистой, сетчатой.

Иногда на верхней поверхности можно заметить маленькие поры - псевдоцифеллы, служащие для лучшего газообмена. Часто верхняя поверхность бывает покрыта беловатым или голубоватым налетом. У некоторых видов на верхней поверхности можно видеть цефалодии - зерновидные образования таллома, содержащие сине-зеленые водоросли. Порой такие цефалодии встречаются и в сердцевинном слое.

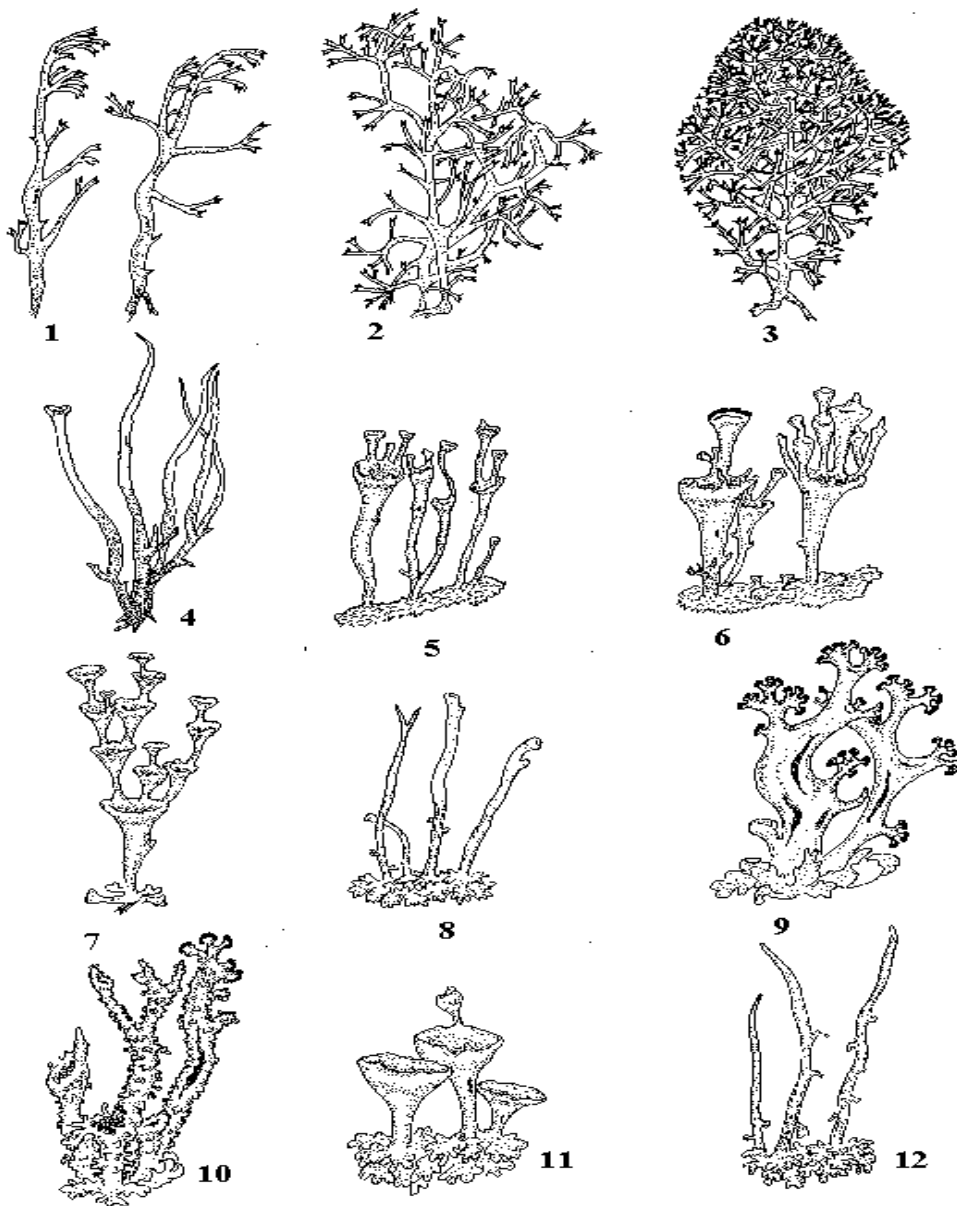
Цвет нижней поверхности чаще всего бывает темных тонов - различных оттенков коричневого, черного, хотя встречаются виды и с белой нижней поверхностью. У некоторых видов нижняя поверхность войлочно-пушистая.

Листоватые лишайники. Если сделать вертикальный срез таллома листоватого вида лишайника, то под микроскопом можно увидеть верхнюю кору, ниже которой расположен слой водорослей, или альгальный слой, затем идет рыхлая сердцевина, под которой находится нижний коровый слой. Такое строение таллома называют гетеромерным (Рис. 6, 1б). У некоторых видов водоросли не образуют четкого альгального слоя, а распределены равномерно по таллому - лишайники с таким типом строения называют гомеомерными (Рис. 6, 1а).

У некоторых видов нижний коровый слой отсутствует - это характерно для видов рода Гетеродермия (*Heterodermia*).

Кустистые лишайники. Таллом кустистых лишайников представляет из себя кустики различной формы: прямостоячие, торчащие или пови-сающие. Размер кустиков варьирует от нескольких миллиметров (у некоторых африканских видов рода Телосхистес (*Teloschistes*) до не-скольких метров у некоторых представителей рода Уснея (*Usnea*).

На горизонтальном срезе через таллом кустистых лишайников мож-но увидеть коровый слой, слой водорослей, сердцевину. У представи-телей рода Кладина (*Cladina*) коровый слой отсутствует. Кустики мо-гут сильно ветвиться, либо быть шиловидными и ветвление отсутст-вует. Веточки кустистых лишайников могут быть как округлыми на поперечном срезе, так и плоскими.



Различные формы кладоний

Накипные лишайники. Таллом накипных лишайников образует ко-рочку на поверхности субстрата, имеющую вид розеток правильной

формы или бесформенных пятен. Иногда таллом накипных лишайников почти незаметен. Цвет розеток также зависит от пигментов и бывает белым, черным, зеленоватым, красным, серым, желтым. Поверхность накипных лишайников бывает гладкой, трещиноватой, ареолированной, бугорчатой, лепрозной и т.д. Несмотря на отсутствие нижнего корового слоя и ризин, накипные лишайники очень плотно прикрепляются к субстрату, настолько, что их невозможно оторвать без повреждения таллома. В то же время некоторые виды образуют свободноживущие формы, например, Аспицилия съедобная (*Aspicilia esculenta*).

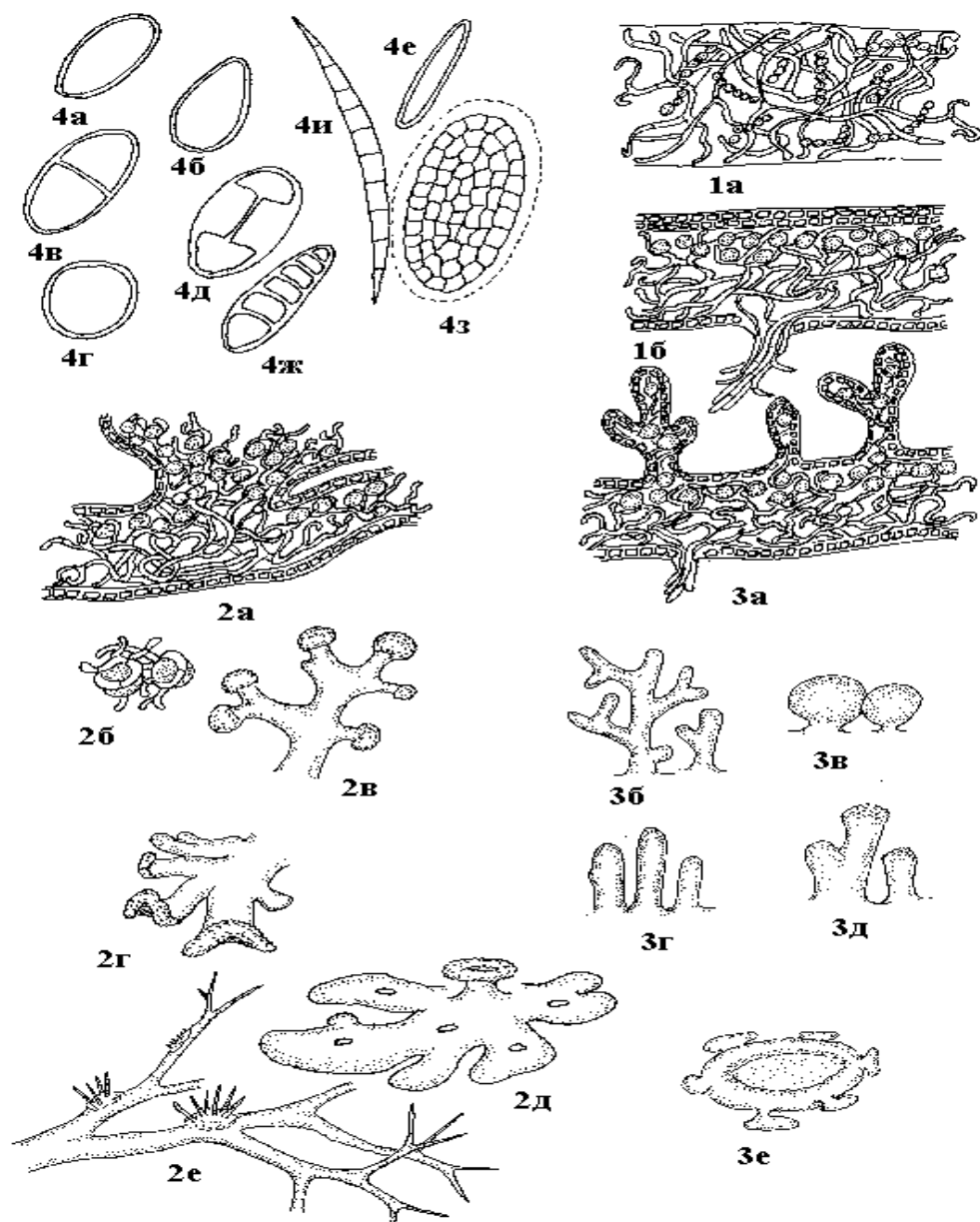
Некоторые виды образуют диморфный таллом, когда в центре розетки лишайник типично накипной, а по краю с небольшими лопастями. Наиболее примитивный тип таллома - лепрозный, состоящий из скопления отдельных клубочков водорослей, окруженных грибными гифами. Очень часто у основания деревьев можно видеть голубовато-зеленоватый налет Лепрарии (*Lepraria*) или золотисто-желтый Хризотрикса (*Chrysothrix*) - лишайников с лепрозным типом таллома. Более сложно устроен таллом в виде отдельных зернышек, где можно видеть зачатки дифференциации на коровый слой, альгальный слой и сердцевину. Еще более сложно устроен таллом в виде плотной корки, где на вертикальном срезе хорошо различимы верхний коровый слой, сердцевина и зона водорослей.

Чешуйчатые лишайники. Таллом чешуйчатых лишайников представляет из себя небольшого размера чешуйки, иногда приподнимающиеся над субстратом одной из своих сторон. Некоторые виды лишайников в течение своей жизни образуют таллом различного строения. Например, виды рода Кладония (*Cladonia*) образуют сначала чешуйчатый первичный таллом, из которого впоследствии вырастает вторичный кустистый таллом.

КОМПОНЕНТЫ ЛИШАЙНИКОВ

подавляющее большинство грибов, входящих в состав лишайников, относится к классу сумчатых и только небольшая часть лишайников, причем в основном это тропические виды, содержит базидиальные грибы. Грибы, входящие в лишайники, часто образуют специфические образования, неизвестные у свободноживущих грибов, - жировые гифы. Они представляют из себя клетки, содержащие жир и отличающиеся большими размерами, вздутой формой.

Водоросли лишайников чаще всего встречаются и свободноживущими на коре деревьев, в пресных водоемах, на камнях. Это зеленые водоросли хлорелла, плеврококк, цистоккок, трентеполия, кладофора;



1а - Разрез гомеомерного таллома, 1б - Разрез гетеромерного таллома
 2 - Строение сорелей: 2а-Разрез, 2б-Отдельная соредия
 2в-Головчатые
 2г-Губовидные, 2д-Манжетовидные, 2е-Изидиозные
 3 - Строение изидий: 3а-Разрез, 3б-Коралловидные, 3в-Шаровидные,
 3г-Цилиндрические, 3д - Соредияльные, 3е - Лобули,
 4 - Формы спор:
 4а-Эллипсоидная, 4б-Яйцевидная, 4в-Двуклеточная, 4г - Шаровидная
 4д - Биполярная, 4е - Палочковидная, 4ж - Многоклеточная
 4з - Муральная, 4и - Игловидная

синезеленые, в основном носток, очень редко желто-зеленые и у одного вида из рода *Verrucaria* (*Verrucaria*), живущего на калифорнийском побережье Тихого океана в качестве фикобионта обнаружена бу-

рая водоросль *Petroderma maculiforme*. Однако водоросль требуксия известна только как компонент в лишайниках и не встречается в свободном состоянии.

Водоросли, входящие в состав лишайников, несколько отличаются от своих свободноживущих собратьев - у них, очень часто размер клеток увеличен, слизистые обертки, характерные для некоторых свободноживущих водорослей, не развиваются в талломах лишайников, количество питательных веществ в клетках водорослей сильно уменьшено, а часто и совсем отсутствует, а если свободноживущая водоросль нитчатая, то в лишайнике она очень часто распадается на отдельные клетки. Пиреноид бывает виден только после окрашивания.

Лишайники, у которых в цефалодиях симбионтом является синезеленая водоросль, часто содержат еще и третий компонент - азотобактер. Считается, что функцией азотобактера в лишайнике является снабжение гриба и водоросли азотом. Но есть мнение, что азотобактер в лишайниках - случайное явление, подобно другим микроорганизмам (бактериям *Pseudomonas*, *Bacterium*, *Cellvibrio*, грибам-целлюлозоразрушителям *Chaetomium fumicola*, *Ch. globosum*, *Ch. spirale*, *Gliobotrys sp.*, *Tielavia sp.*) и его нельзя рассматривать в качестве симбионта.

КАК ЛИШАЙНИКИ РАЗМНОЖАЮТСЯ

Для вегетативного размножения лишайники формируют особые структурные образования: соредии и изидии. Изидии представляют из себя выросты таллома различной формы - точковидные, цилиндрические, коралловидные, шпательевидные, покрытые коровым слоем (Рис. 6, 3). Отваливаясь от основного таллома лишайника и попав на подходящий субстрат, изидии прорастают и дают начало новому таллому лишайника. Соредии представляют из себя клетки водорослей, окутанные грибными гифами и образуются на разрывах коры либо верхней поверхности таллома, либо по его краю (Рис. 6, 2б). Скопления соредий образуют сорали (Рис.6, 2а). Форма соралей различна: точковидная, кратеровидная, губовидная, шлемовидная, бороздчатая, манжетовидная и т.д.

Для полового размножения лишайники образуют плодовые тела: апотеции и перитеции. Апотеции - структуры открытого типа, от блюдцевидных до бесформенных (Рис. 7, 1) . Перитеции - плодовые тела закрытого типа (Рис.7, 2). Цвет апотециев различен - от белого до черного, красного, желтого, коричневого, зеленого. В апотециях и перитециях образуются сумки со спорами. Споры лишайников бывают различного вида: одноклеточные, многоклеточные, округлые, игловидные, бесцветные или окрашенные (Рис. 6, 4). У большинства видов лишайников происходит активное освобождение спор из сумок с помощью апикального аппарата или в результате изменения осмотического давления. У представителей семейства Калициевых (*Caliciaceae*)

освобождение спор пассивное - путем распада тонких оболочек сумок. При попадании на субстрат спора прорастает грибными гифами и образует проталлюс. Затем гифы гриба захватывают клетки водоросли и образуется таллом лишайника. Если гриб не находит водоросли, то проталлюс, как правило, вскоре погибает. Почти все виды водорослей, входящих в состав таллома лишайника, встречаются свободноживущими.

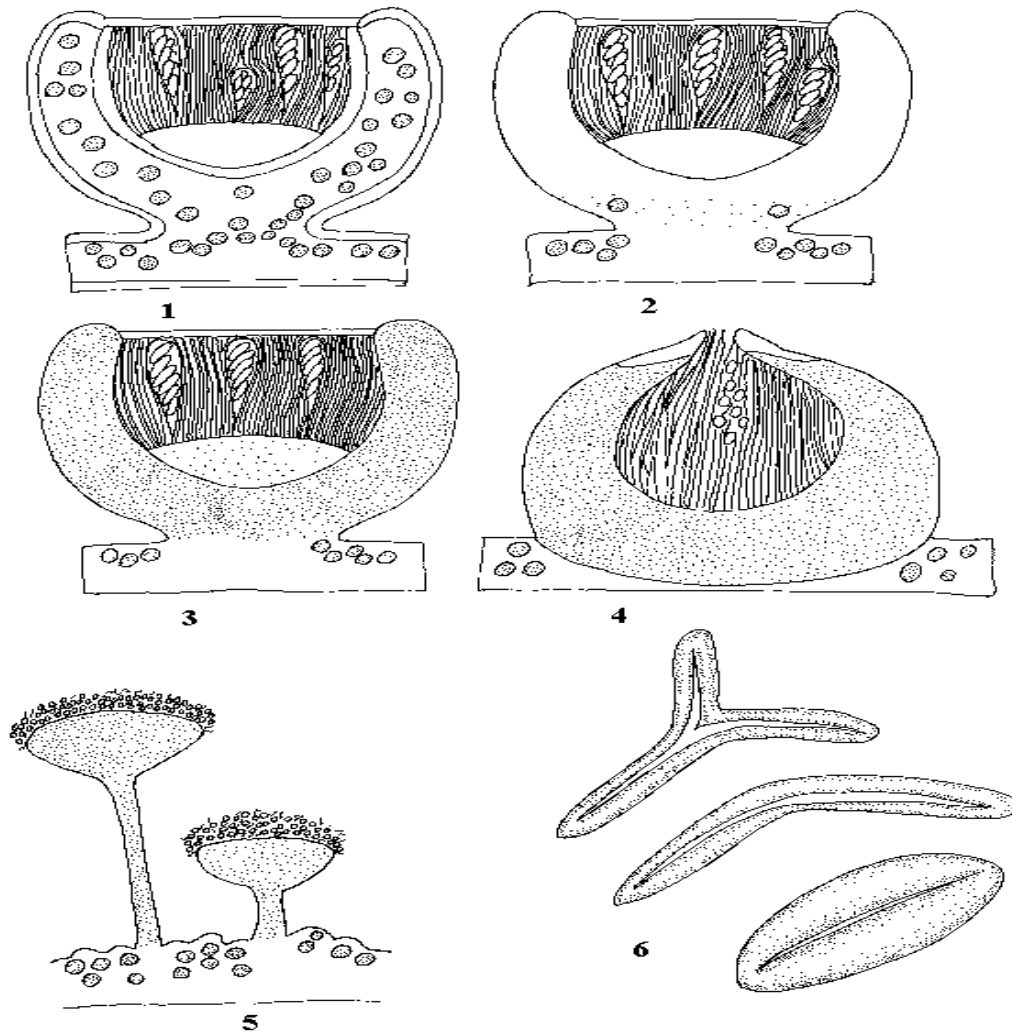


Рис. 2. Различные формы плодовых тел: Разрезы: 1 – леканоровый, 2 – биаторовый, 3 – лецидеевый апотеции; 4 – перитеций; 5- на «ножках» у Калициевых; 6 – гистеротеции

ГДЕ РАСПРОСТРАНЕНЫ ЛИШАЙНИКИ

Лишайники распространены практически по всему Земному шару, за исключением участков Земли, постоянно покрытых льдом и водных поверхностей. Среди лишайников есть виды, поселяющиеся на каменистом субстрате (эпилитные виды), на коре деревьев (эпифитные виды), древесине (эпиксилные виды), на земле (эпигейные виды). Однако следует отметить, что большая часть видов лишайников только предпочитает тот или иной субстрат, а в некоторых случаях переходит

на другой. Очень часто в горных районах и на севере (для России) типичные эпигейные виды могут встречаться на коре деревьев. Нам приходилось встречать Цетрарию исландскую (*Cetraria islandica*) на коре сосны, Алекторию охристую (*Alectoria sarmentosa*) на коре кедра в Сохондинском заповеднике. Пармелия наскальная (*Parmelia saxatilis*) очень часто встречается на коре различных древесных пород, особенно на Дальнем Востоке. Типично эпилитный лишайник Ризокарпон географический (*Rhizocarpon geographicum*) в Туркмении был отмечен на коре арчи. То же можно сказать и для Цетрарии снежной (*Cetraria nivalis*), Цетрарии реснитчатой (*Cetraria ciliaris*) и многих других видов.

Существует целая группа эвритопных видов, способных жить в различных местообитаниях и на различном субстрате, как например, Леканора Хагена (*Lecanora hagenii*), Леканора рассеянная (*Lecanora dispersa*), Калопляка железистая (*Caloplaca ferruginea*) и другие виды. Эвритопные виды способны поселяться на самом различном субстрате, в том числе и искусственного происхождения (бетоне, стекле, металле и т.д.). Поселяясь на стекле, лишайники способны повреждать поверхность. Известны случаи повреждения средневековых витражей талломами Ксантории настенной (*Xanthoria parietina*). Особенно часто переход на другой субстрат можно наблюдать в экстремальных условиях. Среди эпифитных видов наблюдается только лишь предпочтение того или иного древесного растения. Есть виды, предпочитающие березу, есть такие виды, которые селятся на осинах или дубах, а например, многие виды лишайников из семейства Калициевых (*Caliciaceae*), предпочитают хвойные породы.

Интересную группу представляют виды, поселяющиеся внутри каменистого субстрата (эндолитные виды) или древесного (эндофлеоидные). Многие лишайники, особенно виды, поселяющиеся на известковых породах, буквально "грызут камень" при помощи лишайниковых кислот, и присутствие лишайников тогда можно обнаружить только по крошечным углублениям на поверхности камня, очень похожим на гнезда ласточек-береговушек. Иногда лишайники вынужденно проживают внутри субстрата. Так, в Репетекском заповеднике (Центральные Каракумы) нам довелось наблюдать "подземное" развитие лишайников из рода Эндопирениум (*Endopyrenium*). Очевидно, талломы этого лишайника были засыпаны песком на небольшую глубину, где им оказалось достаточно света, проникающего сквозь светлый кварцевый песок.

На листьях вечнозеленых растений поселяются эпифильные виды лишайников. В нашей стране эпифильные виды особенно обильны на Кавказе, где их часто можно видеть в виде беловатых или зеленоватых пятен на листьях чайного куста, рододендронах, самшите.

Лишайники участвуют в закреплении почвы. Очень часто обочины дорог бывают покрыты лишайниками Беомицес красноватый (*Baeomyces rufus*) и Беомицес розоватый (*B. roseus*), которые не дают

развиваться эрозии. В Каракумах можно наблюдать розоватую корочку из лишайника Лецидеи Савича (*Lecidea saviczii*), покрывающую и скрепляющую песчаную почву.

Лишайники одними из первых поселяются на каменной поверхности вслед за грибами и водорослями. Колонизацию можно ускорить, смочив камень обезжиренным молоком или раствором мочевины. Д. Ричардсон в своей увлекательной книге "Исчезающие лишайники", из которой мы взяли некоторые любопытные факты, приводит интересный случай. В Англии новые строения сильно выделяются среди старых домов, покрытых лишайниками, и в 1968 году Совет графства Кент рекомендовал фермеру Р. Эддисону опрыскать его новое большое зернохранилище коровьим навозом для стимулирования роста лишайников, чтобы новое сооружение приобрело благородный старинный вид. Однако Р. Эддисон от такой заманчивой идеи отказался, поскольку не хотел, чтобы его зерно оказалось покрытым коровьим навозом. Впрочем, авторитеты медицины не высказали против такого плана никаких возражений.

Однако гораздо чаще развитие лишайников на каменной поверхности оказывается для человека не совсем желательным.

Лишайники, как пионеры обрастаний, способны разрушать каменистый субстрат, причем механизм разрушения, как обычно в таких случаях, комплексный. Кальциевые породы разрушаются в результате непосредственного воздействия слабых кислот; базальт и гранит разрушаются в результате хелатирования и образования растворимых соединений. Однако и чисто механическое воздействие лишайников на субстрат может быть достаточно сильным. Грибные гифы, проникающие по уже существующим микротрещинам вглубь каменистой породы, при увлажнении разбухают и образующееся при этом давление разрывает камень. Конечно, все это происходит достаточно медленно, так как лишайники, особенно накипные виды, растут очень медленно. Однако для некоторых сооружений даже такого воздействия оказывается достаточно для сильного разрушения.

В конце 30-х годов недалеко от города Беломорска при строительстве линии электропередач были открыты уникальные наскальные изображения - петроглифы. Они были скрыты под слоем почвы и сохранились в прекрасном состоянии. Паводковые воды реки периодически затапливали камни с петроглифами и не давали развиваться лишайникам. Но позднее в этом районе построили гидроэлектростанцию. Ее плотина перегородила русло реки и сток воды стал регулируемым. Паводковые воды перестали заливать наскальные рисунки и на открывшейся поверхности камня стали поселяться лишайники. Процесс обрастания был настолько интенсивным, что многие петроглифы оказались почти скрыты под талломами лишайников. Но самое главное, очень сильно пошел процесс разрушения скальной поверхности. Поскольку петроглифы - это рисунки, высеченные в скальной поверхности на небольшую глубину, они могут вскоре оказаться совершенно

разрушенными. Разрушения наскальных рисунков отмечены и в других районах.



Рис. 3. Сбор лишайников на Беломорских петроглифах (слева – А.А.Фараджев, справа - автор)

В Италии при раскопках были обнаружены великолепные старинные статуи. Их было довольно много и появилась возможность реконструировать облик древнеримских садов и домов. Часто прекрасно сохранившиеся скульптуры выкапывали, ставили вертикально и засаживали вокруг цветами и травой. Однако можно себе представить унылые археологов, когда в течение нескольких лет белые мраморные статуи покрывались серыми, зелеными и оранжевыми пятнами лишайников, которые ускоряли эрозию и портили внешний вид некогда прекрасных статуй. Похожие проблемы возникли и после раскопок руин цивилизации майя в Гватемале.

Иногда в таких случаях с лишайниками стараются бороться, опрыскивая скальную поверхность различными химическими веществами.

Для уничтожения лишайников используют формалин, едкую щелочь, гипохлорит натрия, однако эти вещества слишком опасны для животных и растений. Кроме того, они не обеспечивают длительную защиту, так что обработку приходится повторять. Наиболее перспективны комплексные органические соединения, такие как 3-хлорфеноксипропанол, пентахлорфенил лаурат, хинолят меди, которые вызывают как гибель лишайников, так и предупреждают их по-

явление. На плодовых деревьях лишайники уничтожают раствором железного купороса. В этом случае, по-видимому, на лишайники действует остаточная серная кислота.

Наибольшая биомасса лишайников отмечена в зоне тундры, где они в зимнее время являются основным кормом северных оленей. В каменистых пустынях биомасса эпилитных лишайников может превышать биомассу высших растений. Отношение числа видов лишайников к числу видов высших растений называют лишайниковым индексом. Этот индекс максимален в субантарктических и субарктических районах. Но в целом распространение лишайников довольно тесно коррелирует с распространением высших растений: районы, богатые эндемичными видами высших растений, богаты и эндемичными видами лишайников. Особенно это хорошо видно на примере австралийских и новозеландских лишайников. В то же время, из-за меньшей изменчивости лишайников процент эндемиков среди них в 3-4 раза ниже, чем среди сосудистых растений.

При заселении лишайниками субстрата можно наблюдать сукцессионную смену видов. Первыми поселяются виды, обладающие большим коэффициентом размножения. В основном это накипные виды с малоразвитым талломом и продуцирующие большое количество мелких аскоспор, легко переносимых ветром. К этой же группе можно отнести и некоторые листоватые лишайники, обладающие сравнительно небольшим талломом и продуцирующие большое количество соредий и изидий, например, Феофисция округлая (*Phaeophyscia orbicularis*) и Феофисция чернеющая (*Phaeophyscia nigricans*). Затем поселяются листоватые виды, которые по отношению к накипным являются более агрессивными; таллом агрессивных видов, развиваясь, угнетает медленно растущие накипные виды. Однако некоторые накипные лишайники для защиты выделяют антибиотики и образуют вокруг себя "зону отчуждения". Затем развиваются кустистые виды и листоватые лишайники с крупными лопастями, так что образуется климаксовое сообщество. Так, для дубрав Западной Европы климаксовой лишайниковой ассоциацией является ассоциация Лобарии легочной (*Lobaria pulmonaria*), характерной чертой которой является доминирование Лобарии легочной и кустистых лишайников из родов Уснея (*Usnea*), Рамалина (*Ramalina*). Разумеется, климаксовые лишайниковые ассоциации различны для различных типов субстрата. Для эпифитных видов это зависит от характеристик растений-форофитов.

Обычно лишайники не выдерживают конкуренции со мхами, однако некоторые быстрорастущие крупнолистоватые виды лишайников, такие как Пельтигера рыжевато-красная (*Peltigera rufescens*), довольно успешно конкурируют со мхами. В условиях загрязнения воздуха преимущество получают эвритоппные и нитрофильные виды, устойчивые к загрязнению.

ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ, ВОЗДЕЙСТВУЮЩИЕ НА ЛИШАЙНИКИ

Основные факторы, воздействующие на лишайники - влажность, освещенность, температура; кроме того, они очень чувствительны к загрязнению воздуха. Особенно интересно воздействие влажности в условиях микроклиматических аномалий. Так, во время экспедиции в Сунт-Хасардагский заповедник (западный Копетдаг, Туркмению), мы наблюдали пышное развитие кустистых лишайников из рода Рамалина (*Ramalina*) под пологом держи-дерева на высоте 30-50 см. Под таким пологом образуются условия повышенной влажности, которые благоприятны для развития видов, характерных для более влажных районов.

Лишайники являются растениями экстремальных ситуаций. Оптимальной для большинства лишайников является температура в диапазоне от +10 до +25°C, но они способны к фотосинтезу и при +35°C и при -25°C, однако интенсивность фотосинтеза лишайников довольно низка. Особенно выражена способность к фотосинтезу при низких температурах у лишайников из высокогорных, субарктических и субантарктических районов. В отличие от высших растений вода находится в основном между гифами гриба и не препятствует их жизнедеятельности. Однако температура выше +35°C останавливает процесс фотосинтеза у лишайников, в отличие от высших растений, которые способны к фотосинтезу при температуре до +50°C.

Характерной чертой лишайников является их способность очень быстро впитывать влагу в виде тумана, росы, дождя, снега, причем количество поглощенной воды у некоторых слизистых лишайников достигает 4000% от их сухой массы. В прибрежных районах Перу и Чили образуются своеобразные "туманные оазисы", в которых на фоне пустынной флоры высших растений развиваются лишайники, характерные для более влажных районов и тогда можно видеть, как на кактусах растут лишайники из рода Уснея (*Usnea*). При высушивании лишайники очень быстро теряют поглощенную воду, однако не теряют способности к дыханию даже при воздушно-сухом состоянии.

КАКИЕ ВЕЩЕСТВА ВЫРАБАТЫВАЮТ ЛИШАЙНИКИ

В процессе жизнедеятельности сине-зеленые водоросли вырабатывают глюкозу, которая поглощается грибом и превращается в маннит. Зеленые и желто-зеленые водоросли вырабатывают многоатомные спирты: рибит, эритрит, сорбит, причем отмечено, микобионт стимулирует выделение клетками водорослей необходимых для его жизнедеятельности веществ. Сине-зеленые водоросли способны фиксировать атмосферный азот, поэтому лишайники с сине-зелеными водорослями часто поселяются на субстратах, бедных азотом.

Характерной чертой лишайников является их способность вырабатывать особые, присущие только им, лишайниковые вещества. Биологическая роль лишайниковых веществ многофункциональна: некоторые обладают ярко выраженной антибиотической активностью и защищают лишайники от воздействия бактерий, подавляют рост мхов и грибов, всхожесть семян высших растений. Другие, как например парьетин, действуют как светофильтр и защищают лишайники от воздействия ультрафиолета. Следствием низкой интенсивности и фотосинтеза и дыхания лишайников является их медленный рост. У некоторых, особенно накипных видов, например у Ризокарпона географического (*Rhizocarpon geographicum*), он часто составляет лишь доли миллиметра в год. У наиболее быстрорастущих лишайников, таких как Рамалина (*Ramalina reticulata*), рост может составлять до 90 мм в год при наиболее благоприятных условиях.

ВЗАИМООТНОШЕНИЯ ЛИШАЙНИКОВ С ДРУГИМИ ОРГАНИЗМАМИ

Лишайники являются убежищем и пищей для многих живых организмов. Некоторые из них живут в тонком слое воды, окружающей лишайники, как например, амёбы, нематоды и олигохеты; другим такой слой воды не нужен, как например, моллюскам и насекомым. Некоторые из них лишь иногда питаются лишайниками, для других, как например, *Reuterella helvimacula*, лишайники являются основным кормом. На лишайниках почти постоянно можно обнаружить несколько видов клещей. Для многих из них и их личинок лишайники служат не только убежищем, но и пищей. Периоды активности некоторых из них тесно коррелируют с периодами увлажнения растения-хозяина. Из моллюсков наиболее активно на лишайниках питаются слизни. Некоторые из них предпочитают поедать водорослевый слой, некоторые - грибной компонент лишайника. Многочисленных обитателей "лишайникового домика" нам удалось наблюдать в Репетекском заповеднике под тесно сомкнутыми апотециями лишайника *Caloplaca subcerata*.

Некоторые лишайники защищаются от поедания, выделяя лишайниковые кислоты, например, протоцетраровую кислоту. В то же время различные части таллома лишайника содержат различные концентрации лишайниковых веществ и очень часто поедаются лишь некоторые части лишайниковых талломов. Однозначно несъедобна для большинства организмов вульпиновая кислота, содержащаяся в "волчьем лишайнике" (*Letharia vulpina*). Имеются сообщения, что в Северной Америке этот вид используют для уничтожения волков.

В тропиках лишайники иногда поселяются на некоторых крупных жуках. Многие насекомые используют лишайниковую мимикрию для защиты от хищников. В средней полосе довольно широко распространены бабочки-лишайницы, окраска которых похожа на эпифитные

лишайники, растущие на коре. Некоторые тропические жуки в ходе эволюции приобрели не только окраску и рисунок лишайников, но и форму. Притаившийся на коре дерева такой жук очень похож на таллом лишайника. В то же время, некоторые тропические пауки также приобрели окраску лишайников и используют этот своеобразный камуфляж для охоты. Особенно интересная ситуация наблюдается в промышленных районах, где лишайники, весьма чувствительные к загрязнению, исчезли. Насекомые, маскирующиеся под лишайники, оказались в невыгодном положении и быстро поедались хищниками. В тропических лесах на листьях вечнозеленых растений весьма обычны эпифильные виды лишайников, и поэтому некоторые виды насекомых, такие как *Goetia gallana*, подражают не только листьям, но и растущим на них лишайникам.

Лишайники служат пищей и убежищем не только беспозвоночным, но и позвоночным животным. Сборная группа лишайников, включающая кладонии, цетрарии, и известная под названием "ягель", служит основной пищей северным оленям и карибу. Такой рацион в последнее время стал очень опасным. В 1958 году было отмечено повышенное содержание радиоактивных элементов в костях норвежских северных оленей. Источником цезия-137 и стронция-90 оказались лишайники, которыми они питались. Интересно, что карибу из Аляски содержат в 20-30 раз больше радиоактивных элементов, чем коровы, питавшиеся травой непосредственно возле атомного полигона в штате Невада. Между содержанием радиоактивных веществ и диетой карибу существует прямая зависимость: наивысший уровень радионуклидов наблюдался в апреле, а в мае, когда олени переходили на питание травой, снижался. Из оленьего мяса радиоактивные вещества попадали в организм людей. Иногда лишайники поедаются красными полевками. Кустистые лишайники, в основном из рода *Уснея (Usnea)*, служат пищей кабарги, распространение которой зависит как от лишайников, так и наличия мест "отстоя". Иногда овцебыки, ламы, гуанако также включают лишайники в свой рацион.

Камуфляжную окраску "под лишайники" используют чемпионы по переодеванию - древесные квакши, особенно тропические виды. Среди рептилий узоры лишайников в своей окраске используют некоторые тропические и австралийские гекконы. В Сьунт-Хасардагском заповеднике мы видели агам, чей пятнистый наряд полностью сливался с пятнистыми розетками лишайников, растущих на камнях.

Иногда рептилии служат субстратом для произрастания лишайников. Так, панцыри гигантских черепах - прекрасный субстрат для листоватого лишайника Диринарии плоской (*Dirinaria applanata*), а поскольку черепахи любят лежать в воде, лишайники растут только на той части панциря, который не погружен в воду. Причем лишайники растут только на самцах, так как в период спаривания самцы полностью соскабливают лишайники, которые поселились на панцирях самок.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛИШАЙНИКОВ В ПИЦУ

Во время советско-финской войны 1939-1940 г.г. в тылу финской армии был высажен большой десант, в задачу которого входили диверсии в тылу врага, разрушение коммуникаций, разведка. Предполагалось, что десант сможет легко обеспечить себя пищей, добывая зверей, ловя рыбу, птиц. Однако организаторы этой операции не учли, что северная природа не сможет выдержать такую нагрузку и значительная часть большого (свыше тысячи человек) десанта умерла от голода.

Во время экспедиции английского полярного исследователя Джона Франклина ее участники терпели большие лишения из-за недостатка пищи. Они ели кожу ремней и ботинок, пробовали и лишайники. Однако они не знали, как избавиться от горьких лишайниковых кислот и поэтому некоторые члены экспедиции отравились. Позднее они заметили, что индейцы едят в основном вид Умбиликарию Мюлленберга (*Umbilicaria mullenbergii*) и стали собирать этот вид лишайника.

Известны случаи, когда потерпевшие в тундре крушение летчики умирали с голоду, в то время как они практически ходили "по еде": лишайники, составляющие основу ягеля, вполне съедобны. Для этого необходимо собранные талломы лишайников хорошенько вымочить в растворе соды или поташа (углекислый калий и натрий содержатся в золе), лучше 2-3 дня, тщательно промыть, периодически сменяя воду и варить до тех пор, пока не образуется варево, слегка напоминающее кисель. Такой кисель не очень питателен, но за неимением другой еды может поддержать силы и не дать умереть с голоду.

Предполагается, что лишайники послужили "манной небесной" для древних иудеев. Когда Моисей вел сынов Израилевых через пустыню, они стали роптать на своего проводника, говоря, что им нечего есть. В Ветхом Завете сказано, что Господь сказал Моисею: "Я услышал ропот сынов Израилевых; скажи им: "Вечером вы будете есть мясо, а поутру насытитесь хлебом, и узнаете, что Я - Господь, Бог ваш".

Вечером прилетели перепелки и покрыли весь стан. Утром же все увидели росу вокруг стана, а когда роса испарилась, то на поверхности пустыни осталась крупа, похожая на иней. Это был небесный хлеб от Господа для всего народа. Израильтяне назвали этот хлеб "манной" и по вкусу она была, как лепешки с медом.

Если по поводу перепелок все ясно, то что такое "манна", до сих пор неизвестно. Наиболее распространено мнение, что это Аспицилия съедобная (*Aspicilia esculenta*), свободноживущий кочующий лишайник, распространенный в пустынных районах. Сейчас трудно определить, что подразумевалось под "небесной манной", камедь ли растений, грибы или куколки насекомых. По мнению ученых, в древности Синайский полуостров не был голой пустыней, а представлял из себя землю, поросшую тамариксами. В пустынных районах Азии и Север-

ной Африки некоторые виды лишайников из рода Аспицилия формируют толстую корочку на камнях, которая часто отваливается от них и отвалившиеся частички лишайниковых талломов переносятся ветром, скапливаясь в углублениях. Один человек может собрать в день до 6 килограммов лишайников, несмотря на то, что лишайники очень легкие. Растертые талломы лишайников слегка напоминают муку, а испеченные из такой муки пресные лепешки вполне съедобны. Талломы Аспицилии съедобной содержат до 60% щавелевокислого кальция, который перед употреблением лишайников в пищу, необходимо удалить.

Во время войны между Россией и Персией в 1829 году большое пространство вокруг одного из городов, осажденного русскими войсками, жители которого были на пороге голода, было внезапно покрыто лишайниками, принесенными ветром. Эти лишайники ели люди и овцы. Это была Аспицилия съедобная (*Aspicilia esculenta*). Впрочем, лишайники не помогли персам, армия генерала Паскевича разбила армию наследного персидского принца Аббас-Мирзы, взяла Эривань и Тавриц, и война закончилась подписанием Туркманчайского договора, по которому шах Фет-Али уступал России Эриванскую и Нахичеванскую провинции, уплачивал 20 млн. рублей контрибуции и давал русским подданным важные торговые преимущества. Российские солдаты встречали Аспицилию съедобную и позднее, когда в 1885 году войска генерала Комарова под Кушкой разбили афганцев.

Из трех частей Аспицилии съедобной и одной части муки выпекают особый вид хлеба, продаваемый иногда на базарах в Тегеране и который, как утверждают, стимулирует лактацию.

Другие виды лишайников, например, "Исландский мох" (*Cetraria islandica*), тоже вполне пригодны для еды. Из них можно приготовить лишайниковую муку. Для удаления горечи лишайники следует вымочить в растворе соды и хорошенько промыть в проточной воде. Затем их можно высушить и истолочь в муку. Из трех частей лишайниковой муки, полученной из видов рода Кладония (*Cladonia*) и Кладина (*Cladina*) или из Цетрарии исландской (*Cetraria islandica*), и одной части пшеничной муки можно испечь довольно вкусный хлеб. Из одной части лишайниковой и одной части пшеничной муки получается вкусное печенье. Скандинавские моряки брали с собой хлеб, испеченный с добавлением лишайниковой муки. Такой хлеб долго не плесневеет и меньше страдает от жучков.

С добавками Цетрарии исландской можно приготовить самые разные блюда: кисели, студни, закусочные пасты. Во всех рецептах используют лишайник, отмытый от лишайниковых кислот.

Блины: 250 г. лишайниковой муки, 250 г. пшеничной муки, 3 стакана воды или молока, 2-3 яйца, 1 столовая ложка сахара, по 0,5 чайной ложки соли, соды и кислоты. Если нет кислоты, то вместо воды можно использовать кислое молоко, а соду развести в воде и влить в тесто перед самой выпечкой. Яйца смешать с 3 стаканами теплой во-

ды, добавить соль, сахар и соду, затем всыпать муку и хорошо размешать так, чтобы тесто получилось без комков. Лимонную кислоту развести в воде, влить в подготовленное тесто, размешать и немедленно печь блины.

Печенье: по 1 стакану лишайниковой и пшеничной муки, 3 столовые ложки сахара, 2 яйца, 2 столовые ложки сметаны, 0,5 чайной ложки соды. Отбить в миску яйца, всыпать сахар и вымешать деревянной ложкой, постепенно подливая растопленное масло, а затем положить холодную сметану. Положить соду, смешанную с небольшим количеством муки, всыпать остальную муку и замесить тесто. Полученное тесто раскатать тонким слоем, смазать всю его поверхность яичным желтком, вырезать стаканом из теста кружочки, уложить их на противень, смазанный маслом, и выпекать в духовке.

Кисель: 3 стакана измельченной Цетрарии, 2 стакана ягод (малины, клюквы, брусники), 0,5 стакана сахарного песка, 1 литр воды. Промытую Цетрарию варить 2 часа. Отвар процедить, добавить ягодный сок и сахар. Довести до кипения. Подать в горячем или холодном виде.

Студень: концентрированный отвар Цетрарии (1 кг лишайника на 1 литр воды) посолить по вкусу и залить им отваренные грибы. После охлаждения подать с хреном, горчицей, перцем и уксусом.

Заливные грибы с Цетрарией: 3 стакана концентрированного отвара лишайника, 3 стакана мелких рыжиков, соль. Перебранные и вымытые рыжики посыпать солью, выдержать 2 часа, затем залить приготовленным отваром из Цетрарии. Охладить в холодильнике до образования студня.

Закусочная паста: 200 г лишайника, 100 г сливочного масла, 30 г приготовленной горчицы, соль, перец по вкусу. Промытый лишайник отварить, измельчить на мясорубке, добавить сливочное масло, горчицу, соль. Все тщательно перемешать и охладить. Полученную массу использовать для бутербродов.

Древние египтяне эпифитный лишайник Псевдоэвернию шелушащуюся (*Pseudevernia furfuracea*) использовали как наполнитель и ароматизатор хлеба.

В Японии из растущей на скалах Умбиликарии съедобной (*Umbilicaria esculenta*) готовят деликатесное блюдо - "иватаке". Лишайник собирают со скал и высушивают. Затем ее размачивают и промывают до удаления черной окраски и отваривают до мягкости. Затем "иватаке" вымачивают в уксусе или кунжутном масле и используют в салатах. "Иватаке" также едят в соевом супе или обваливают в муке и обжаривают в масле наподобие хрустящего картофеля. Конечно, "иватаке" не является повседневной пищей японцев, однако используется в чайной церемонии и подается как деликатес в ресторанах. Ежегодно собирают около 800 кг этого лишайника.

Во время Великой Отечественной войны в СССР была разработана методика получения глюкозы из лишайников. Для этого высушенные

лишайники вымачивали в двух сменах (5 и 12 часов соответственно) раствора соды, промывали, нагревали с серной кислотой до 100°C, фильтрат выбрасывали, а в раствор добавляли известь до получения рН 5,5 , осадок выбрасывали, раствор фильтровали через активированный уголь и осторожно упаривали до получения сиропа, содержащего 65-75% глюкозы. Была создана лаборатория из 12 человек, собиравшая 35 тонн сухих лишайников ежегодно и производившая в год до 1000 кг глюкозы.

Одним из лучших закрепителей запаха считается знаменитая амбра - продукт жизнедеятельности китообразных. Однако амбра всегда была очень редкой, найти ее для моряков было большой удачей. Поэтому искали более дешевые заменители. Лишайники издавна использовались как закрепители запаха - фиксативы. Первое упоминание об этом можно найти у Саладина из Аскалона, жившего в 1137 - 1193 г.г.

В парфюмерии экстракты лишайников действуют как фиксативы, предотвращая немедленное высыхание ароматического раствора. На Ближнем Востоке, известном своими благовониями, лишайники, собранные на Кипре, продавали на базарах Малой Азии, Сирии и Египта.

Промышленное использование получили Еверния сливовая (*Evernia prunastri*) и Псевдоэверния шелушащаяся (*Pseudevernia furfuracea*). Коммерческий сбор этих лишайников производят на Аппенинах, в некоторых районах Франции, включая лес Фонтенбло, Чехии, Словакии, Венгрии и у нас, в России. Лучшее сырье собирают в Италии и Далмации на юге Франции. Собранные в сухую погоду лишайники очищают от веточек и листьев и тщательно предохраняют от посторонних запахов.

Экстракция является сложным процессом, зависящим от вида лишайника, типа растворителя и фирменных секретов. В качестве растворителя используют спирт, бензин, ацетон, этиленгликоль, петролейный эфир. В целом сухие лишайники сначала размачивают в горячей воде около суток. Затем воду сливают и при 40°C проводят экстракцию, например, бензином, в три последовательные стадии. Затем бензин выпаривают и остается экстракт. Такой экстракт мало пригоден для производства духов и одеколона, так как беден спирторастворимыми веществами, однако его используют при изготовлении туалетного мыла. Для применения в парфюмерном деле в дальнейшем этот первичный экстракт обрабатывают 95% этиловым спиртом в течение 5 часов во флягах, нагреваемых паром. Затем фляги охлаждают до 15°C, когда выпадают в осадок нерастворимые компоненты и наконец, до -6°C. Затем спирт выпаривают и получают продукт, который или очень вязкий или твердый. Твердый продукт иногда растворяют в растворителе, не имеющем запаха, таком, как касторовое масло.

Экстракт (резиноид) использовали в духах и одеколонах, таких, как “Янтарь”, “Папоротник”, “Клевер”, “Лавандовая вода”, “Русская кожа”, “Свежее сено”, “Кармен”, “Кристалл”, “Бахчисарайский фонтан”, “Кремль”, “Маска”, “Подарочные”, “Чайка”, “Восток”, “Новый”,

“Красная Москва”. Особенно большой процент резиноида содержится в одеколоне “Шипр”.

Лишайники издавна использовали в медицине. Известно, что их использовали еще древние египтяне. В средние века существовала теория "сигнатуры", согласно которой растение исцеляюще действует на тот орган человека, на который оно похоже. Согласно этой теории длинные, напоминающие волосы лишайники из родов Уснея (*Usnea*), Бриория (*Bryoria*) использовали от облысения, “собачий” лишайник (*Peltigera canina*) рекомендовали от бешенства, а Лобарию легочную (*Lobaria pulmonaria*) применяли для лечения легочных болезней. И действительно, приготовленные на ее основе лекарства помогали при некоторых заболеваниях. Конечно, внешний вид Лобарии тут был не причем - антибиотическими свойствами обладали содержащиеся в ней лишайниковые кислоты. Однако биостимулирующие и антибиотические свойства лишайников используют и сегодня.

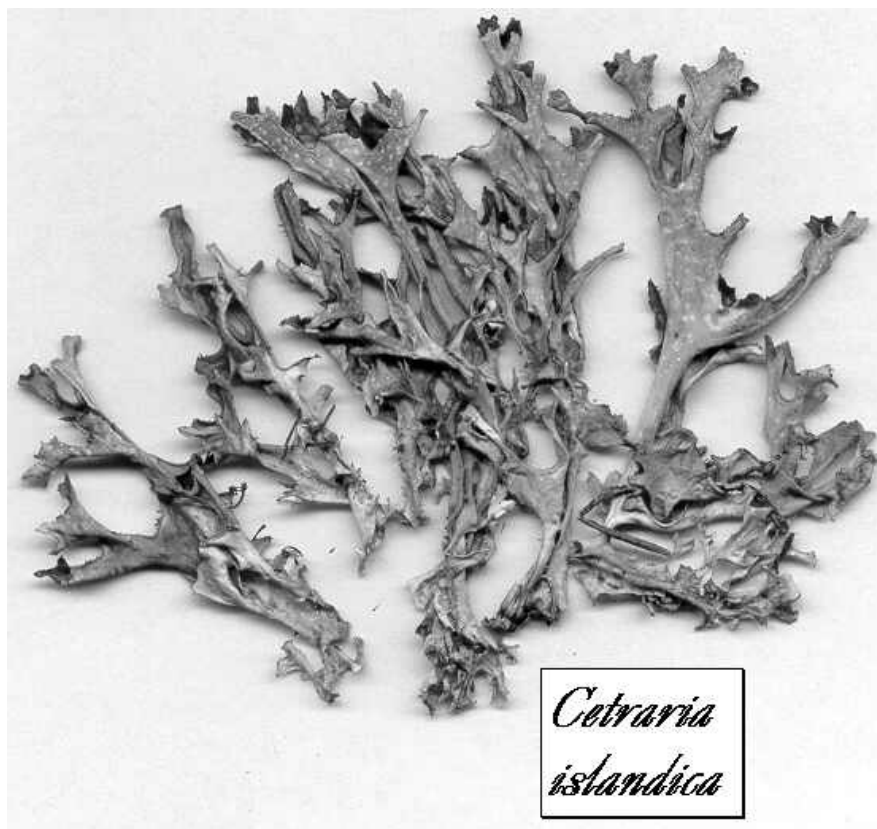
Доказано, что протолихестериновая и лихестериновая кислоты довольно активны против стафилококков и стрептококков. Особенно антибиотически активна усниновая кислота, содержащаяся во многих видах лишайников. Еще в 1947 г. немецкими учеными был получен "Эвозин" - препарат широкого антибиотического спектра. Его используют при лечении сикоза, фурункулеза, волчанки, трихофитоза. Полученный в 1952 году параамицин, или "Эвозин-2" эффективен при лечении открытой формы туберкулеза. Параамицин получают из широко распространенных видов: Гипогимнии вздутой (*Hypogymnia physodes*) и Пармелии козьей (*Parmelia caperata*). В 1954 году японские ученые получили препарат "Уснин", эффективный против актиномикоза и других кожных заболеваний.

В нашей стране из усниновой кислоты был получен уснинат натрия или "Бинан", активный против грамположительных бактерий. Бактериостатическое действие усниновой кислоты отмечено против золотистого стафилококка, различных стрептококков, анаэробов, пневмококков и туберкулезной палочки. Бинан представляет из себя мономерную натриевую соль, кристаллизующуюся с двумя молекулами воды. Применяется в виде чистого порошка или в смеси с сульфаниламидами - стрептоцидом или норсульфазолом. Этот эффективный препарат использовали для лечения гнойных инфекций. Применялся в хирургии для лечения свежих и инфицированных ран, варикозных и трофических язв и острого гнойного воспаления мягких тканей, а также при травматическом остеомиелите и эрозии шейки матки. Проводились эксперименты по добавлению уснината натрия к парфюмерной продукции с целью придания ей антимикробных свойств.

Содержащаяся в лишайниках полипоровая кислота обладает антиопухолевым действием. Содержащийся в Умбиликарии съедобной полисахарид GE-3 в опытах на белых мышах задерживал рост саркомы, а его сульфатный препарат противодействует активности вируса СПИД.

В Швейцарии одна компания собирала ежегодно 150 кг высушенной Цетрарии исландской (*Cetraria islandica*) для производства пастилок от кашля, растительных конфет и лечебного чая.

Исландский мох (*Cetraria islandica*) используется в народной медицине как средство от кашля, при простудных заболеваниях и при болезнях бронхов.



В официальной медицине этот вид также используют с лекарственной целью, для чего приготавливают промытый или вымоченный лишайник, лишенный горьких веществ. Цетрария исландская действует обволакивающе на слизистые оболочки и поэтому ее используют при расстройстве деятельности кишечника. Употребляют внутрь в виде отвара (1 часть лишайника на 10 частей воды), студня или в составе лекарственных сборов. Назначают при поносах, атонии желудка, хроническом запоре и отсутствии аппетита. Ее применяют для лечения легочных заболеваний, в том числе как симптоматическое средство при туберкулезе. В северных районах промытую от горьких веществ Цетрарию исландскую и близкий к ней вид Цетрарию сглаженную (*C. laevigata* Rassad.) употребляли как пищевой продукт в виде студня или муки, которую добавляли к обычной ржаной муке. Исследования Цетрарии исландской показали, что она содержит 21 углерод и 35 жирных кислот.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛИШАЙНИКОВ ДЛЯ БАЛЬЗАМИРОВАНИЯ

Люди издавна стремились позаботиться об умерших. Вершиной этого является бальзамирование, которое получило особенно широкое распространение в древнем Египте. В период расцвета искусства бальзамирования это был очень сложный и длительный процесс, продолжавшийся около месяца.

Вначале египтяне обходились без специальной процедуры, доверяя тела умерших сухому климату, при котором происходила естественная мумификация. И сегодня иногда находят такие естественные мумии. Не так давно в горах Кугитанг-Тау нашли пещеру, наполненную мумиями людей, сброшенных туда, по-видимому, разбойниками.

По мере усложнения похоронной церемонии искусство бальзамирования достигло совершенства. Сначала из черепа через ноздри и отверстие в решетчатой кости специальными медными инструментами удаляли мозг. Затем череп промывали смесью живичного скипидара, древесного дегтя и кислоты. В брюшной полости делали разрез, через который вынимали кишки и внутренние органы. Их завертывали в отдельные льняные тряпки и помещали в тело или в вазы, которые затем располагали между ног. Полость тела набивали лишайниками, опилками, измельченной миррой, кассией и пряностями. Вид лишайника, который использовали египтяне, была Псевдоэверния шелушащаяся (*Pseudevernia furfuracea*), известная им как ароматизатор и наполнитель хлеба и импортировавшаяся в Александрию в большом количестве из Греции. Однако неясно, использовали лишайники при бальзамировании в качестве консерванта или просто в качестве материала, хорошо впитывающего влагу. После того, как тело зашивали, его увлажняли или натирали солями натрия. Это природная смесь, встречающаяся в некоторых районах Египта. Наконец тело опрыскивали смолой и завертывали в льняные бандажи. Интересно, что в период упадка древнеегипетской цивилизации лишайники перестали использовать при бальзамировании, а тело набивали песком и опилками.

ЛИШАЙНИКОВАЯ КРАСКА

Потребность украшать одежду у людей возникла, по-видимому, одновременно с самой одеждой. Ее украшают вышивкой, окраской. Сейчас используют в основном анилиновые кислотные красители. Однако в прежние времена для окраски тканей использовали вещества растительного и животного происхождения. Особое значение цвет одежды приобретал там, где необходимо было отличить одни группы людей от других, например, в военном деле и в одежде отдельных племен, например, шотландских кланов.

Р. Севард пишет, что до знаменитого шотландского восстания 1745 года, после которого особенно стали популярны шотландские юбочки, узоры которых обозначали принадлежность к определенному клану, окраска шотландской одежды зависела в основном от той краски, которую можно было отыскать поблизости. И лишайники, использовавшиеся для получения краски, имели большое значение. Лишайниковая краска дает наиболее ценные цвета в шотландской одежде, такие как желто-коричневые и красно-пурпурные оттенки. Полный же спектр оттенков можно получить, смешивая одни цвета с другими. Так, смешивая желтую лишайниковую краску с синим индиго, получали зеленый цвет.

Фактически единственным способом, по которому шотландцы, поддерживавшие принца Чарли Красивого, могли отличаться от тех, кто поддерживал короля Георга, была окраска их шотландских шапочек, боннетов. Первые носили белые кокарды, вторые - красные и желтые кресты. Солдат, потерявший в сражении шляпу, рисковал быть атакованным с обеих сторон.

Основная одежда, которую носили шотландцы до 1745 года, состояла из куска ткани, около 5 футов шириной и 16 длины, называвшегося пледом. Его клали на землю через широкий пояс и складывали в длину. Одевающийся ложился на плед и обвертывал им себя, скрепив ремнем вокруг талии. Такую одежду можно было использовать как одеяло ночью, и она же была идеальным камуфляжем в вересковых зарослях.

Лишайники, использовавшиеся для получения коричневой краски, были листоватыми видами, принадлежащими к роду Пармелия (*Parmelia*) и их было легко собирать с камней во влажную осеннюю погоду. Такая лишайниковая краска никогда не производилась в больших промышленных масштабах, а только отдельными фермерами в небольшом количестве. Наиболее часто используемым видом была Пармелия пупковидная (*Parmelia omphalodes*) и сейчас обычная в западных районах Шотландии. Лишайники высушивали и запасали в мешках. Шерсть, которую окрашивали, сначала хорошенько мыли в горячем растворе соды и мыла, а затем отполаскивали в проточной воде, которая в Шотландии торфяная и кислая. После этого большой чан наполняли чередующимися слоями лишайников и шерсти, взятыми в пропорции один к одному. Затем котел заливали торфяной водой и варили до получения требуемого оттенка. Окраска получалась очень прочная и не выцветала. Кроме того, лишайниковая краска придает шерсти приятный запах и отпугивает моль, которая не любит вкус лишайниковых веществ.

Современные исследования показали, что окраска является результатом реакции между свободными аминокетонами в шерсти и альдегидными группами лишайниковых кислот. Обычно эти группы бесцветны в лишайниках, но при кипячении дают окрашенный продукт. Таким образом, нет прямой связи между цветом лишайников и той

окраской, которую они дают при кипячении с шерстью. После этого шерсть расчесывают и ткут. Затем готовую шерсть вальцуют, чтобы шерстяные волокна частично сваялись и удалась грязь.

Наиболее известный шотландский твид - харрисовый твид, который производят на гэльско-говорящих Внешних Гебридах. Настоящий твид всегда окрашивают растительной краской. Коричневую, желто-коричневую и красную краску получают из лишайников; зеленоватую - из ирисов и вереска; синюю - из импортировавшегося индиго. Коричневая краска из лишайников популярна и сегодня, так как придает твиду мягкость и аромат.

Пурпурный цвет был весьма уважаем в древности и средневековье. Королевский пурпур в древности получали из моллюсков и ценился он очень дорого. Плутарх в “Жизнеописаниях” упоминает, что македонская армия, заняв очередной восточный город, в царских кладовых обнаружила штуки пурпурной материи, окрашенных пурпуром, сваренным на меду. Гай Плиний Старший в своей “Естественной истории” пишет, что “пурпур лучшего качества делают в Азии - в Тире, в Африке - на Менинксе (остров у побережья Африки в Малом Сирте) и на гетульском берегу Океана (ныне - побережье южного Марокко), а также в Европе - в Лаконии. Перед этим пурпуром расчищают путь ликторские розги с секирой (ликторы - члены свиты высших римских сановников - несли пучки розг (*fascies*) с секирой (*axis*) - символом власти, расчищая путь в толпе). Пурпур - символ благородного происхождения, он - знак отличия сенатора от всадника; в пурпурном убранстве консулы приносят жертвы богам. Памятуя об этом мы должны извинить порой граничащее с безрассудством стремление к пурпуру, а также невероятно высокие цены на краситель, который исходно имеет отвратительный запах и зеленоватый оттенок, как у рассерженного моря.” Он также пишет, что “пурпур известен в Риме с самых древних времен, но у Ромула им была окрашена лишь трабея (парадная одежда царей и высших сановников - белый плащ с продольными пурпурными полосами). С большой степенью вероятности можно считать, что Тулл Гостилий (третий римский царь 672 - 640 гг. до н.э.) был первым царем, надевшим после завоевания этрусков претексту (белая тога с пурпурной каймой по краям) и лактиклавию” (окаймленная широкой пурпурной полосой туника). Корнелий Непот, умерший при Августе, писал: “Лиловый пурпур, стоивший сотню динариев за фунт, был в моде в пору моей юности, а несколько позже он уступил место тарентскому (Тарент - город в Южной Италии, ныне Таранто) красному пурпуру. Затем наступило время тирского пурпура - *dibarha*, - который стоил больше тысячи динариев за фунт. Публий Лентул Спинтер, будучи курульным эдилом, первым окрасил свою тогу тирским пурпуром, за что навлек на себя всеобщее неодобрение, ибо, как пишет Непот, - такую краску можно было встретить на покрывале любого триклиния”. Спинтер был эдилом, когда консулом был Цицерон. Название *dibarha* в те времена давали “дважды маканым” материям,

стоившим тогда огромные деньги, а метод двойной повторной окраски используется и поныне для изготовления лучших пурпурных тканей.” Поэтому всегда старались найти более дешевый заменитель. Лишайники были одним из источников получения пурпурной краски, и эта краска была даже более привлекательна, чем знаменитый тирский пурпур, получаемый из моллюсков. Гай Плиний Старший пишет, что пурпур начали смешивать с красителями сухопутного происхождения: материю, окрашенную кермесом, перекрашивали пурпуром, чтобы получить hisginum (греческая краска растительного происхождения). Лишайниковый пурпур был известен древним египтянам, финикийцам, грекам, римлянам. Его получали из лишайника Рочеллы красильной (*Roccella tinctoria*), растущего на прибрежных средиземноморских скалах. Лишайниковый пурпур называют орхилом.

Единственным неудобством орхила является его низкая светостойкость: на ярком солнце он постепенно становится коричневатым. Однако в сочетании с другими, более стойкими красными красками, орхил дает вполне стойкий цвет. Лишайниковая краска придает шерсти и шелку блеск, яркость и мягкость, в то время как другие краски, получаемые с протравой, дают противоположный эффект. Умелое сочетание лишайниковой и протравной краски может дать стойкое окрашивание и мягкую текстуру ткани.

После падения Римской империи искусство окраски с помощью лишайников в Западной Европе было утеряно на протяжении нескольких веков. Этому способствовало вторжение арабов, которые считали мочевину, необходимую в производстве краски, нечистой. И только в 15 веке флорентийский купец Федерико возродил этот процесс после поездок на греческие острова. Он вернулся во Флоренцию и основал производство краски, сохраняя секрет в течение нескольких лет.

Один из наиболее ранних рецептов приготовления краски таков: взять 1 фунт очень чистой Рочеллы красильной (*Roccella tinctoria DC.*) и смочить его небольшим количеством мочи, добавить по 2 унции хлорида аммония, нитрата калия и карбоната кальция. Хорошенько истолочь и перемешать их, оставить на 12 дней, перемешивая дважды в день. Затем держать растения постоянно влажными, добавить немного мочи и оставить на 8 дней, продолжая помешивать. Затем добавить 1,5 фунт углекислого калия, хорошо перемешать и 1,5 пинты старой мочи. Оставить на 8 дней, перемешивая как обычно, затем добавить такое же количество мочи. После 5 или 6 дней краска готова к употреблению.

Позднее мочу заменили раствором аммиака в воде. Орхил в основном использовали для окраски ткани, однако его применяли и для окраски спирта в термометрах, а также бумаги и древесины.

Другие красители, получаемые из лишайников - лакмус и орхинол. Лакмус - старейший индикатор, используемый в химии. Всем известны лакмусовые бумажки, представляющие из себя пропитанную лак-

мусом фильтровальную бумагу. Лакмус и близкий к нему орхинол получают из лишайников рода Рочелла (*Roccella*).

Для производства лакмуса предпочитают использовать Рочеллу Монтагю (*Roccella montagnei*), произрастающую на деревьях на Мадагаскаре и дающую лучшую синюю краску, тогда как Рочелла красильная (*Roccella tinctoria*) содержит больше орхинола. Вид Рочелла фуксовидная (*Roccella fucoides*) мало пригодна для получения краски, так как содержит очень мало и орхила, и орхинола.

Способ получения лакмуса следующий. Примерно 56 фунтов лишайников помещают в открытый чан и смачивают раствором соды, добавляют раствор аммиака и периодически перемешивают. Лишайники сначала становятся красными, затем пурпурными и наконец, через 4 недели, синими. Полученный продукт содержит лакмус и красный орхил. Для их разделения красную краску экстрагируют спиртом и остается лакмус, который можно выделить экстракцией.

Другая краска, получаемая из лишайников - орхинол. Он используется для производства лекарств. При воздействии на орхинол аммонием и кислородом получают орсеин, краситель для микроскопической окраски хромосом.

Красную краску получают из лишайника Охролехии виннокаменной (*Ochrolechia tartarea*). В Англии промышленное производство красной краски было основано Георгом Гордоном, медником из Бэнфшайра, в 1758 году в Эдинбурге. Позднее эдинбургская фирма обанкротилась и в 1778 году производство было перенесено в Глазго под руководство Георга МакИнтоша. Для защиты секретов производства нанимали рабочих, говорящих по-гэльски, а вокруг фабрики, занимавшей площадь 17 акров, возвели высокую стену. Ежегодно использовали 250 тонн лишайников, которые собирали специальными ножами со скал сельские жители. Им платили 3 шиллинга 2 пенса за 22 фунта лишайников, так что сборщик мог заработать 3 фунта стерлингов и 10 шиллингов в неделю. Когда шотландские источники поступления лишайников истощились, их стали импортировать из Швеции, Норвегии, Канарских островов и Мальты. Фабрика в Глазго просуществовала до 1852 года, однако небольшое количество краски производилось до недавнего времени.

ЛИШАЙНИКИ - ИНДИКАТОРЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Особую известность лишайники приобрели в последнее время, когда их стали использовать в качестве хороших биоиндикаторов загрязнения. То, что лишайники реагируют на загрязнение воздуха, было замечено еще в XIX веке. Видовой состав лишайников в индустриальных и окраинных районах различается настолько сильно, что ученые стали выделять лишайниковые зоны. Впервые такие зоны были выделены в Стокгольме: зона "лишайниковой пустыни", где лишайники почти отсутствуют, "зона соревнования", где видовой состав

лишайников беден, а сами они обладают пониженной жизнеспособностью и "нормальная зона".

В Великобритании для изучения распространения лишайников было привлечено 15000 школьников. Для юных исследователей был разработан специальный бланк, который они заполняли. Естественно, что составленная при участии такого большого числа помощников карта оказалась весьма подробной.

Из всех экологических групп лишайников наибольшей чувствительностью обладают лишайники-эпифиты. Чувствительность лишайников к загрязнению воздуха определяется:

- симбиотической природой (лишайник - симбиоз гриба и водоросли с сложным метаболическим равновесием между этими двумя организмами);
- большой абсорбционной поверхностью (все вещества, включая газообразные и растворенные в воде поллютанты, поглощаются всей поверхностью таллома);
- высокой гидрофильностью;
- средой обитания (осадки, стекающие по стволу, содержат значительно более высокие концентрации поллютантов, чем осадки на открытых местах);
- длительностью жизни.

Поэтому в качестве биоиндикаторов наиболее часто используют эпифитные лишайники. В настоящее время для создания карт загрязнения используют различные синтетические индексы, один из наиболее распространенных и достаточно удобных в работе - индекс чистоты атмосферы.

Индекс чистоты атмосферы IAQ определяют по следующей формуле:

$$IAQ = \sum_{i=1}^n \frac{Q_i F_i}{10}$$

где Q_i - экологический индекс определенного вида (или индекс токсифобности, или индекс ассоциированности), F_i - комбинированный показатель покрытия и встречаемости, n - количество видов. Показатель Q характеризует количество видов, сопутствующих данному виду на всех площадках описания в гомогенном по степени загрязненности местообитании. Если, например, на 100 площадках вместе с видом А растет 10 - 20 видов (включая искомым вид), а среднее число сопутствующих видов 13,5, то Q этого вида и есть 13,5. Чем больше показатель Q , тем данный вид более полеофобный, чем выше показатель ИАЧ, тем чище воздух местообитания. ИАЧ сильно зависит от видового разнообразия.

Применяемый комбинированный показатель покрытия и встречаемости 5 - балльный:

1 - вид встречается очень редко и с очень низким покрытием, 2 - редко или с низким покрытием, 3 - редко или со средним покрытием на некоторых стволах, 4 - часто или с высоким покрытием на некоторых стволах, 5 - очень часто и с очень высоким покрытием на большинстве стволов. Во время исследования следует избегать загущенных лесопосадок, очень тенистых парков, где для лишайников недостаточно света.

Используя индекс чистоты атмосферы легко составить карту зон загрязнения. Для этого участки с одинаковыми значениями индекса соединяют изолиниями.

Для исследований необходимо увеличительное стекло, так как многие виды лишайников, особенно накипные, довольно трудно разглядеть.

Иногда для характеристики жизнеспособности лишайников используют шкалу витальности, характеризующую степень поврежденности талломов:

1. Нормальные талломы.
2. Слегка поврежденные.
3. Средне поврежденные.
4. Сильно поврежденные.
5. Мертвые.

Используя лишайники, легко организовать систему биомониторинга - систему долгосрочных наблюдений за изменением степени загрязнения по состоянию биологических тест-объектов. Для этого проводят измерение проективного покрытия лишайников по системе постоянных пробных площадок (если предполагаемый тренд загрязнения достаточно велик), либо переменных пробных площадок (если тренд загрязнения мал) и получают средние значения проективного покрытия для исследуемой территории. Затем через определенный промежуток времени проводят повторные измерения проективного покрытия. По изменению как общего проективного покрытия, так и отдельных видов можно, используя шкалы чувствительности лишайников, судить от тренде загрязнения.

Шкалы чувствительности лишайников, выраженные в баллах - это ранжированный ряд видов, выстроенный в соответствии с их чувствительностью к загрязнению. Шкалы чувствительности строят, используя метод линейной ординации - проводят трансекту от источника загрязнения по направлению к незагрязненному району и наблюдают изменение лишайнофлоры вдоль этой трансекты.

Для измерения проективного покрытия эпифитных лишайников используют сеточку (как правило, 10x10 см), накладываемую на определенной высоте на ствол дерева с четырех сторон и исследуют площадь, занимаемую лишайниками. Затем данные усредняются по всей пробной площади. Иногда для измерения проективного покрытия используют метод линейных пересечений - накладывают на ствол мерную ленту с миллиметровыми делениями и вычисляют перекрытие

талломами лишайников мерной ленты, выраженное в процентах от длины окружности.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛИШАЙНИКОВ ДЛЯ ДАТИРОВКИ

Лихенометрия - использование лишайников для датировки скальных поверхностей - была впервые предложена австрийским ботаником Рональдом Бешелом. Как только обнажается скальная поверхность, на нее попадают споры различных организмов. Большая их часть погибает, не встретив подходящих условий для жизни. Однако споры некоторых лишайников прорастают и образуют талломы, увеличивающиеся с каждым годом. Измеряя размеры наибольших талломов и зная ежегодный прирост, можно построить график увеличения диаметра таллома и соответственно вычислить время обнажения скальной породы. Скорость роста различных видов лишайников различна, так, она варьирует от 40 мм/год у Рамалины (*Ramalina reticulata*) до 0,6 мм/год у Ринодины (*Rinodina oreina*). Вычислениями установлено, что в Арктике некоторые талломы лишайников могут достигать возраста в 4000 лет. Существуют специальные формулы для вычисления возраста лишайниковых талломов, т.к. рост лишайников не всегда линейный.

При помощи лихенометрии наблюдали движение ледников в Европейских Альпах, Скандинавии, Гренландии, Канаде, Аляске, Колорадо, Новой Зеландии. При движении ледника происходит перемещение морены. При потеплении ледник останавливается и формирует моренную гряду. В Новой Зеландии движение ледников Мюллера и Тасмана было изучено с использованием лихенометрии. Хорошие результаты дает нанесение на карту размеров наибольших талломов определенных видов лишайников, взятых из различных точек. Талломы одного размера соединяются изолиниями и получается карта, напоминающая карты, составленные с помощью альтиметра. Такая карта иллюстрирует движение ледника.

Классическим примером использования лишайников для датировки являются мегалиты острова Пасхи, на котором было обнаружено около 600 огромных каменных статуй, высеченных из вулканического туфа и достигающих веса 40 тонн. Остров Пасхи расположен в 3200 км к востоку от Южной Америки. Этот остров является одним из наиболее изолированных мест на Земле. На нем нет колодцев или постоянных рек, т. к. остров сложен из очень пористой вулканической породы, так что местное население полностью зависит от тропических ливней.

Происхождение мегалитов острова Пасхи связывали с выходцами из Египта, Индии, Боливии, Меланезии и Перу. Однако местные легенды утверждали, что эти статуи были изготовлены предками аборигенов и

использовались в погребальных церемониях. По-видимому, умерших помещали в длинные деревянные срубы перед каменными иваяниями и оставляли там до тех пор, пока не оставались одни скелеты. Затем кости хоронили в семейных могилах, разбросанных по острову.

Для вычисления возраста каменных статуй использовали лишенометрию, поскольку другие методы, такие как изотопный анализ, не давали результатов на этих вулканических скалах. Каменные изваяния были покрыты сообществами лишайников и ксерофитными мхами. Среди лишайников для датировки наиболее пригодными оказались Лецидея пасхальная (*Lecidea paschalis*), Диринария плоская (*Dirinaria applanata*) и Диплошистес нелучистый (*Diploschistes anactus*), которые образовывали округлые розетки.

Некоторую трудность представляло определение скорости роста лишайников, но и она была вычислена по изучению фотографий, сделанных в период с 1914 по 1961 г.г. Было обнаружено, что эти три вида росли со скоростью 12, 17 и 8 мм в год соответственно. Затем был измерен наибольший диаметр розеток лишайников на природной вулканической скале и оказалось, что данные виды позволяют вычислить возраст до 800 лет.

Измерением талломов лишайников на поверхности шести мегалитов и семи могил был установлен их возраст. Он оказался около 430 лет, что гораздо моложе, чем предполагалось.

Позднее эти вычисления были подтверждены известным исследователем Туром Хейердалом, который сделал заключение, что первые поселенцы пришли из государства инков. Они привезли с собой перуанский батат и тростник, который выращивали в заболоченных вулканических кратерах. Именно этот тростник они использовали для строительства плотов, на которых отправлялись в путешествие из Перу. Интересно, что переселенцы были светлокожие, бородатые и рыжеволосые. Даже после последующего перемешивания с нахлынувшими полинезийцами некоторые семьи сохранили черты предков.

Однако датировка с помощью лишайников не всегда оказывается таким простым делом. Гораздо более сложная задача предстоит исследователям, которые постараются вычислить возраст выложенных из камней кольцеобразных и лабиринтообразных структур, обнаруженных в Карелии и на Кольском полуострове. Для таких изображений использовались камни, которые лежали тут же, причем их поверхность не обрабатывалась.

Очень своеобразное применение лишайникам нашли канадские индейцы, которые рисовали картинки, изображавшие животных, причем для создания изображений индейцы просто соскребали эпилитные лишайники. Поскольку лишайники растут очень медленно, такие изображения сохранялись довольно длительное время.

КАК ОПРЕДЕЛЯТЬ ЛИШАЙНИКИ ?

Определять до вида лишайники значительно сложнее, чем высшие растения, и поэтому в большинстве случаев лучше обратиться к специалисту-лихенологу. Однако некоторые виды можно определить и самостоятельно. Для этого используют специальные определители, содержащие ключи для идентификации и описания видов. Существует большое количество определителей как общих, включающих описания большого числа различных семейств, родов и видов, так и узконаправленных, описывающих часто только одно семейство или даже род или группу видов.

Большинство ключей для определения видов построено по дихотомическому (теза-антитеза) или ступенчатому признаку. Созданы и компьютерные программы для определения лишайников, позволяющие идентифицировать образцы лишайников, у которых отсутствуют некоторые диагностические признаки (что особенно важно при количественных сборах лишайников и малой квалификации идентификатора). Однако во всех случаях необходимо знать как морфологическое, так и анатомическое строение лишайников.

Для сбора лишайников необходимо просматривать те местообитания, в которых можно ожидать особое их обилие. При этом следует помнить, что для развития лишайников требуется хорошая освещенность, стабильный субстрат и наличие влаги. Для сбора возможно большего числа видов следует изучать разнообразные местообитания. Это стволы поваленных и растущих деревьев, ветви, скалы, обнаженная древесина, черепица крыш, участки сухих лесов и тундр, пни, болота и торфяники.

Собирать лишайники лучше в конверты или пакеты из плотной бумаги. Следует помнить, что сухие лишайники очень хрупкие и поэтому легко ломаются. Собирать лучше с кусочком субстрата, особенно накипные и листоватые виды. При этом следует обращать внимание на плодоношение. Отсутствие у собранных образцов плодовых тел может сильно осложнить определение.

При сборе кладоний нужно брать образцы с первичным слоевищем, так как это имеет систематическое значение. При сборе мелких, особенно накипных видов необходимо пользоваться увеличительным стеклом, причем для общего обзора можно пользоваться 2-х кратной лупой, а для детального рассмотрения 7-10 кратной. Хрупкие образцы при сборе можно слегка смочить, однако перед закладкой в гербарий необходимо высушить, т.к. сырые образцы легко плесневеют.

Каждый гербарный образец снабжается этикеткой, на которой указывают место сбора, растительное сообщество, субстрат, а для эпигейных видов - тип почвы, дату сбора, фамилию сборщика и идентификатора.

ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ, УПОТРЕБЛЯЕМЫЕ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ЛИШАЙНИКОВ

Апотеции - открытые плодовые тела лишайников, имеющие блюдцевидную, полушаровидную форму, в виде пятен неопределенной формы, черточек, гвоздиков. Они бывают поверхностными или погруженными. У некоторых лишайников можно различить край апотециев, который бывает собственный и слоевищный (или талломный). Дисквидные апотеции разделяют на леканоровые (довольно мягкие, с развитым слоевищным краем) и лецидеевые (относительно твердые, с собственным краем). Иногда выделяют биаторовые апотеции - переходный тип между леканоровыми и лецидеевыми. В верхней части апотеция находится зернистый или гиалиновый слой - эпитеций; под ним - гимениальный слой, в котором расположены бесплодные гифы - парафизы и сумки со спорами. Споры бывают одно- и многоклеточные. Клетки могут располагаться в один ряд у поперечно-многоклеточных спор или в несколько рядов у муральных спор. Иногда в двуклеточных спорах поперечная перегородка сильно утолщена и занимает большую часть споры, просветы обеих клеток смещены к концам, а клетки часто соединены тонким канальцем - тогда образуются биполярные споры . Под гимениальным слоем находится гипотеций, у некоторых видов бесцветный, у других темный или изредка ярко окрашенный.

Гетеромерный таллом - таллом с дифференцированными слоями. Различают коровый слой, альгальный или водорослевый слой, сердцевину. У некоторых видов образуется нижний коровый слой.

Гомеомерный таллом - таллом без дифференцированных слоев. Между этими типами таллома существуют переходные формы.

Гомф - талломный вырост в центре нижней поверхности таллома, образованный гифами сердцевинного и корового слоев, служит для прикрепления к субстрату.

Жилки - выпуклые сплетения гиф на нижней поверхности, более плотные, чем сердцевина и часто несущие пучки ризин.

Изидии - разнообразной формы выросты таллома, покрытые коровым слоем, служат для размножения и увеличения ассимилирующей поверхности. Их форма разнообразная - зернистые, шаровидные, палочковидные, шпательевидные, щитовидные, цилиндрические, коралловидные и т.д.

Изидиальные сорали - сорали, образующиеся на изидиях.

Лопастии - растущие части таллома, расходящиеся в разные стороны; у кустистых видов часто имеют вид веточек.

Монофильный таллом - таллом листоватого лишайника, состоящий из одной пластинки.

Осевой цилиндр (центральный тяж) - плотный прочный пучок из толстостенных гиф, проходящий вдоль продольной оси некоторых кустистых лишайников.

Первичный таллом - 1) развивающийся из споры первичный мицелий, не содержащий водорослей. У некоторых накипных видов сохраняется в виде каймы по краю таллома. 2) развивающийся вначале накипный или чешуйчатый таллом у видов рода *Cladonia*, из которого впоследствии вырастает вторичный кустистый таллом или подеции.

Перитеции - закрытые плодовые тела лишайников.

Подеции - вторичный таллом кладониевых лишайников. Подеции имеют вид выростов, простых или разветвленных, шиловидно суженных или сцифовидно расширенных (в виде кубка).

Полифильный таллом - состоящий из одной или нескольких нижних листовидных пластинок и расположенных на них мелких или крупных листовидных чешуек, сгруппированных вокруг общего центра.

Подслоевище - у накипных видов губчатое сплетение из разветвленных гиф, иногда темноокрашенных.

Пролификации - вторичные выросты, вырастающие по краю или из центра сцифа.

Псевдоцифеллы (или макулы) - непокрытые корой участки сердцевинны на поверхности талломов некоторых лишайников. Выглядят в виде маленьких пятнышек.

Ризины - берущие в сердцевинном слое пучки гиф. Служат для прикрепления к субстрату. Бывают простыми или разветвленными.

Ризоиды - одно или многоклеточные нитевидные выросты с вытянутыми в один ряд клетками. Служат для прикрепления.

Соредии - одна или несколько клеток водорослей, окруженных сплетением короткоклеточных тонких гиф гриба, не покрытые коровым слоем.

Сорали - скопления соредий, имеющие определенную форму. Сорали бывают краевыми, боковыми, губовидными, шлемовидными, головчатыми, манжетовидными и т.д.

Соредиальные изидии - изидии, прорастающие из соралей.

Сцифы - бокаловидные расширения подециев у кладониевых лишайников.

Фибриллы - короткие, реже более или менее длинные боковые веточки, отходящие под прямым углом от основных веток.

Цефалодии - выросты на поверхности или внутри таллома, содержащие сине-зеленые водоросли. Имеют вид вздутых, бородавочек, реже более или менее разветвленных веточек.

Цифеллы - углубления, образующиеся на поверхности талломов, выстланные рядами шаровидных клеток.

Эпигейные лишайники - лишайники, растущие на поверхности почвы.

Эпиксильные лишайники - лишайники, растущие на обнаженной и обработанной древесине.

Эпифильные лишайники - лишайники, растущие на листьях растений.

Эпифитные лишайники - лишайники, растущие на коре и ветвях деревьев.

Эндолитные лишайники - лишайники, чьи талломы развиваются внутри каменистого субстрата.

ОСНОВНЫЕ РЕАКТИВЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ЛИШАЙНИКОВ

Ниже перечислены основные реактивы, используемые при видовой идентификации лишайников. В скобках приводится их обозначение в большинстве определителей. Положительная реакция с реактивом обозначается знаком "+", отрицательная - знаком "-". Например, "серцевина Р+ краснеет" означает, что при действии раствором парафенилендиамина на сердцевину лишайника, последняя окрашивается в красный цвет, а "К-" означает отсутствие реакции с КОН.

Едкий калий (КОН или К). Используется в виде 10% раствора в воде. Иногда для лучшей сохранности к нему добавляют немного углекислого калия. Раствором едкого калия воздействуют на поверхность таллома, сердцевину или плодовые тела лишайника. При этом может проявиться цветная реакция: пожелтение, покраснение, побурение или реакция будет отрицательной.

Гипохлорит кальция (С) (хлорная известь). Используют концентрированный раствор-взвесь в воде. Иногда в некоторых определителях рекомендуют готовить раствор хранить в сосудах из темного стекла. Однако лучше всего не готовить раствор заранее, т.к. он быстро портится, а просто в процессе определения на кончике препаровальной иглы смешать капельку воды с порошком гипохлорита кальция и провести реакцию. Реакция может быть желтоватой, оранжевой, розовой, красноватой или зеленоватой. Иногда реакция проявляется при совместном воздействии с КОН. Тогда сначала на исследуемый образец воздействуют раствором КОН, а затем - гипохлоритом кальция (иногда реакции проводят в обратном порядке). В определителях такая реакция обозначается как КС. Вместо гипохлорита кальция можно взять хлорамин, который часто бывает в продаже.

Йод (I)- 10% раствор иода в иодистом калии. При воздействии на сердцевину некоторых видов лишайников при реакции с иодом образуется синяя окраска. Для этого совсем необязательно делать среды. Достаточно препаровальной иглой осторожно снять кусочек верхнего корового слоя и на обнажившуюся сердцевину нанести капельку раствора. При воздействии на гимениальный слой апотециев окраска может быть от ярко-синей до пурпурной. Иногда для не очень длитель-

ного хранения приготовить раствор иода можно просто капнув каплю спиртового раствора иода в небольшое количество воды.

Парафенилендиамин (Р). Используется в виде 2% спиртового раствора. Однако спиртовой раствор плохо хранится, поэтому чаще используют раствор Швейцера - раствор парафенилендиамина в насыщенном растворе сульфита натрия. Хранить приготовленный раствор следует в темной стеклянной посуде с минимальным доступом воздуха. Следует помнить, что парафенилендиамин токсичен и при попадании на кожу его следует тщательно смыть водой с мылом.

ПОЛЕЗНЫЕ ИНТЕРНЕТ-САЙТЫ*

(ключи, литература, гербарии):

<http://fadr.msu.ru/opred/>

www.lichenfield.com

www.florin.ru/florin/

<http://www.nhm.uia.no/botanica/lav./RLL/RLL.htm>

<http://www.mycology.net.dali/search.html>

<http://www.herbaria.harvard.edu/Data/Author/author.html>

<http://www.bgbm.fu-berlin.de/bgbm/staff/wiss/Sipman+H/keys/default.htm>

<http://www.mycology.net/lias/index.html>

<http://tinea.narod.ru/links/botanica/>

www.rbge.org.uk/pandora.home

www.csd.tamu.edu/FLORA/inputsys.html

<http://herbarium.ucdavis.edu/herbaccess/databaseinfo.html>

<http://viceroy.eeb.uconn.edu/Biota>

<http://www.ke.com.au/emu/index.html>

<http://www.biodiversity.uno.edu/muse/>

<http://www.brahms.co.uk/>

* к моменту публикации книги некоторые сайты устарели и закрылись

ЛИТЕРАТУРА И ОПРЕДЕЛИТЕЛИ

Жизнь растений, т.3. /Ред. М.М.Голлербах/, М., Просвещение, 1977.

Определитель лишайников СССР, вып. 1-5. Л., 1971-1978.

Определитель лишайников России, вып. 6-9, СПб., 1996-2004.

Бязров Л. Г. Лишайники в экологическом мониторинге. М., Изд-во «Научный Мир», 2002, 336 с.

Пчелкин А. В., Боголюбов А. С. Методы лишеноиндикации загрязнений окружающей среды. Методическое пособие. – М., Экосистема, 1997, 25 с.

Пчелкин А. В., Слепов В. Б. Использование водорослей и лишайников в экологическом мониторинге и биоиндикационных исследованиях. - М., Московская городская станция юных натуралистов, 2004, 20 с.

Томин М.П. Определитель корковых лишайников Европейской части СССР. Минск, 1956.

Водоросли, лишайники и мохообразные СССР. /Ред. М.В. Горленко/, М., Мысль, 1978.

Kranner I., Beckett R. P., Varma A. K. Protocols in Lichenology. Culturing, Biochemistry, Ecophysiology and Use in Biomonitoring. – Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, 2002, 580 pp.

Poelt J. Bestimmungsschlüssel europäischer Flechten. - Vaduz: J. Cramer, 1969.

Richardson D. H. S. The vanishing lichens. - Newton, Abbot, London, Vancouver, 1975.