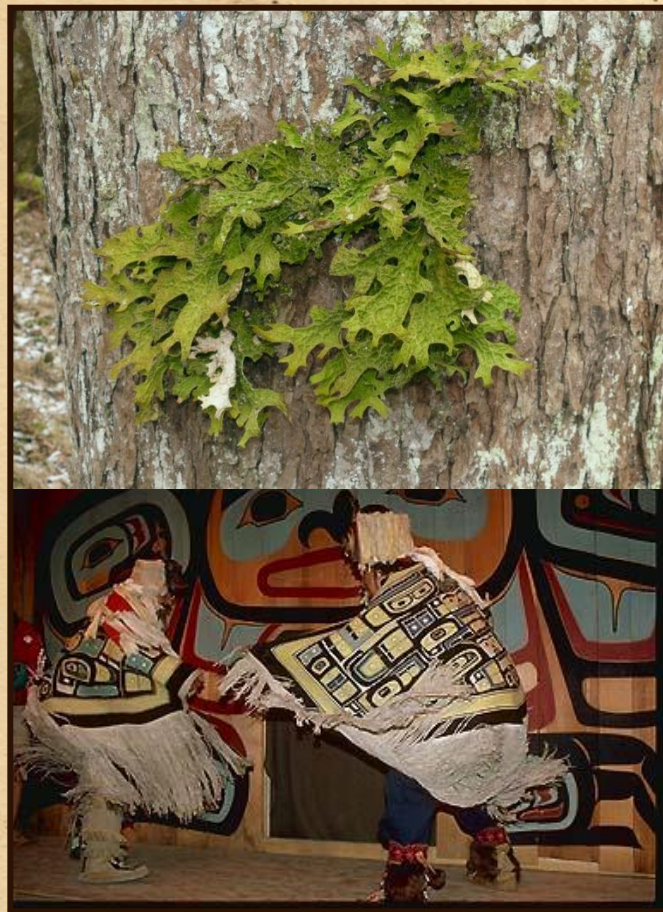


11

**Лишайники  
и их  
применение  
человеком**



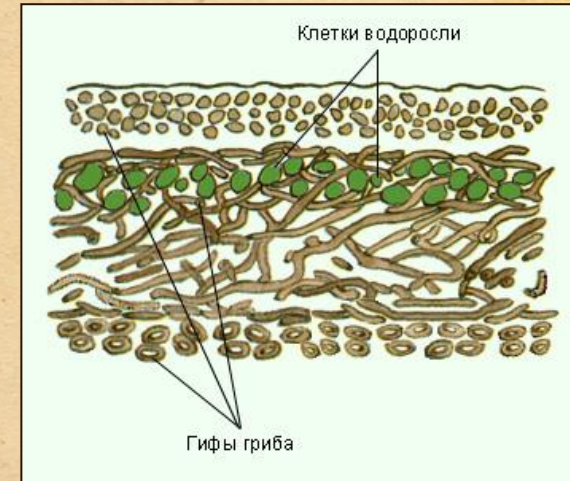
## Лишайники: биология

- ❖ *Лишайники* – симбиотические организмы, состоящие из гриба (отд. Ascomycota, реже Basidiomycota) и водоросли (чаще всего из отд. Зеленые или Синезеленые). Гриб в лишайнике всегда один, водорослей может быть две: эукариотная (обычно, зеленая) и синезеленая.
- ❖ Впервые их *симбиотическая природа* была показана на одном из видов в 1866 г. микологом *Антоном де Бари*, хотя в народе они, на основании своего внешнего вида, до сих пор ассоциируются скорее с мхами, чем с грибами, о чем говорят и народные названия некоторых видов (*дубовый мох, исландский мох*).
- ❖ Тело лишайников - *таллом* (слоевище), не разделено на органы и на 90 – 95 % состоит из гиф гриба. Гриб поставляет в таллом минеральное питание, получаемое осмотрофно, водоросль – продукты своего фотосинтеза или азот (в случае азотфиксирующих синезеленых водорослей).

❖ Ранее лишайник считался примером *мутуалистического* (взаимовыгодного) симбиоза, но сейчас его понимают скорее как *умеренный обоюдный паразитизм* партнеров друг на друге: при неблагоприятных условиях гриб может «съесть» водоросль, а водоросль – прекратить фотосинтез и стать «бесполезной».

❖ В силу того, что *дыхание* присуще обоим симбионтам, а *фотосинтезирует* только водоросль, у лишайников очень велики затраты органических веществ, и талломы *растут* обычно *очень медленно* (в среднем, несколько мм/год).

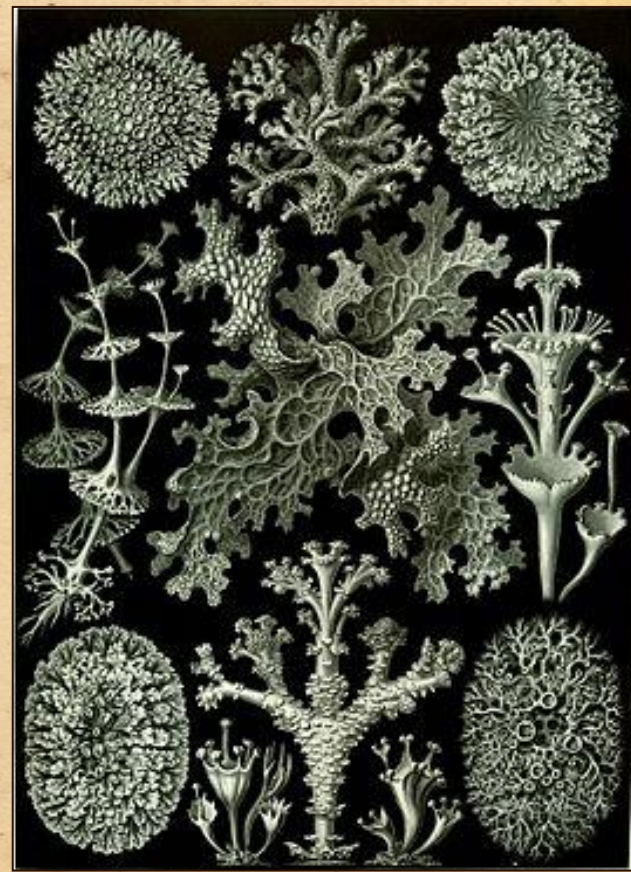
❖ Срок жизни отдельного таллома может составлять сотни лет (максимальный известный срок – **4500**), обменные процессы идут медленно.



*Таллом лишайника  
в разрезе*

❖ Лишайники способны заселять очень *бедные* субстраты, в т.ч., голые скальные поверхности, так как не получают питание из субстрата, а используют его только для прикрепления. Питание осуществляется за счет фотосинтеза водоросли, а также впитывания всей поверхностью таллома веществ, растворенных в воде или находящихся в воздухе. Благодаря этому лишайники очень *чувствительны к загрязнению*.

❖ Лишайники способны заселять экстремальные местообитания, например, арктические пустыни. Они принимают участие в первичном почвообразовании, являясь так называемыми «пионерами растительности».



Эрнст Генрих Геккель,  
«Kunstformen der Natur», 1904.

❖ Талломы лишайников способны в больших количествах поглощать влагу, а при *полном пересыхании* сохранять жизнеспособность в течении нескольких десятков лет.

❖ Выделяют три основных *морфологических* типа талломов лишайников:

- *накипный* (встречается в основном на каменистых субстратах и на коре деревьев);
- *листоватый* (встречается на различных типах субстрата);
- *кустистый* (встречается на ветвях деревьев (повислые талломы) или на почве (прямостоячие талломы)).



*Rhizocarpon geographicum*:  
*накипный таллом, плотно прирастает к субстрату всей нижней поверхностью и не отделяется без повреждения*

Между ними существуют переходные формы, например, у видов рода *Cladonia* имеется первичный таллом листоватого типа и вторичный - кустистого.

# Лишайники: типы талломов



*Xanthoria parietina*:  
листоватый таллом,  
в виде лопастной  
розетки, самый часто  
встречающийся тип  
таллома



*Cladonia rangiferina* :  
кустистый прямостоячий  
таллом, в виде радиально  
симметричного  
развивающегося на почве  
кустика



*Usnea hirta*: кустистый  
повислый таллом, в виде  
радиально симметричного  
кустика, свисающего с ветви  
дерева

# Лишайники: переходные типы талломов



*Cetraria islandica*,  
исландский мох:  
таллом, переходный  
между листоватым и  
кустистым типом.



*Cladonia macilenta*: на чешуйчатом  
первичном талломе листоватого типа (1)  
развиваются вертикальные структуры  
вторичного кустистого таллома (2) с  
плодовыми телами (3).

# Лишайники: типы талломов

По *анатомии* выделяют два основных типа талломов лишайников:

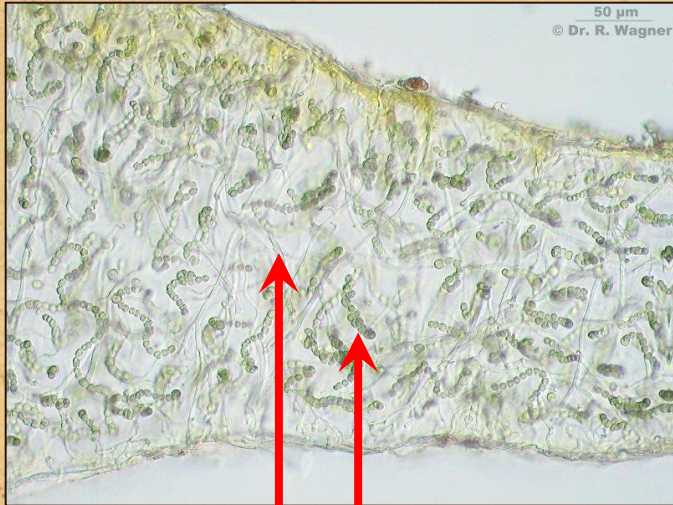
- *гомеомерный* (грибной и водорослевый компоненты в талломе перемешаны; симбиотическая водоросль всегда только синезеленая);
- *гетеромерный* (водорослевый компонент образует отдельный слой в талломе, симбиотическая водоросль эукариотная, обычно зеленая; синезеленая водоросль может быть дополнительным симбионтом для фиксации азота; на поперечном срезе таллома видны четкие упорядоченные слои). Этот тип таллома у большинства лишайников.

*Гомеомерные* талломы в насыщенном влагой состоянии очень сильно ослизняются, при высыхании превращаются в тонкие пленки.

*Гетеромерные* талломы имеют четкую форму, в насыщенном влагой состоянии они отличаются от высушенных только несколько большими размерами и более интенсивной окраской.



# Лишайники: типы талломов



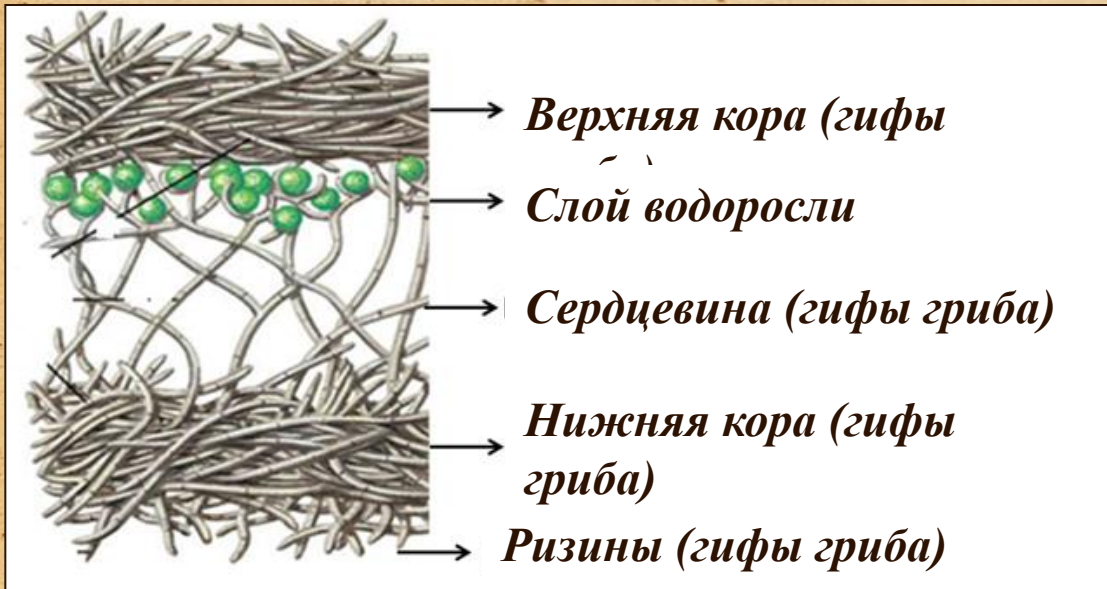
1 2



*Гомеомерный таллом:  
переплетение гиф гриба (1) и  
цепочек клеток водоросли (2)*

*Внешний вид гомеомерного таллома  
лишайника *Collema* в высушенном (слева) и  
насыщенном влагой состоянии (справа)*

# Лишайники: типы талломов



*Гетеромерный таллом: водоросль локализована в отдельной зоне, видны упорядоченные слои, внизу находятся ризины, один из типов прикрепительных структур лишайников*

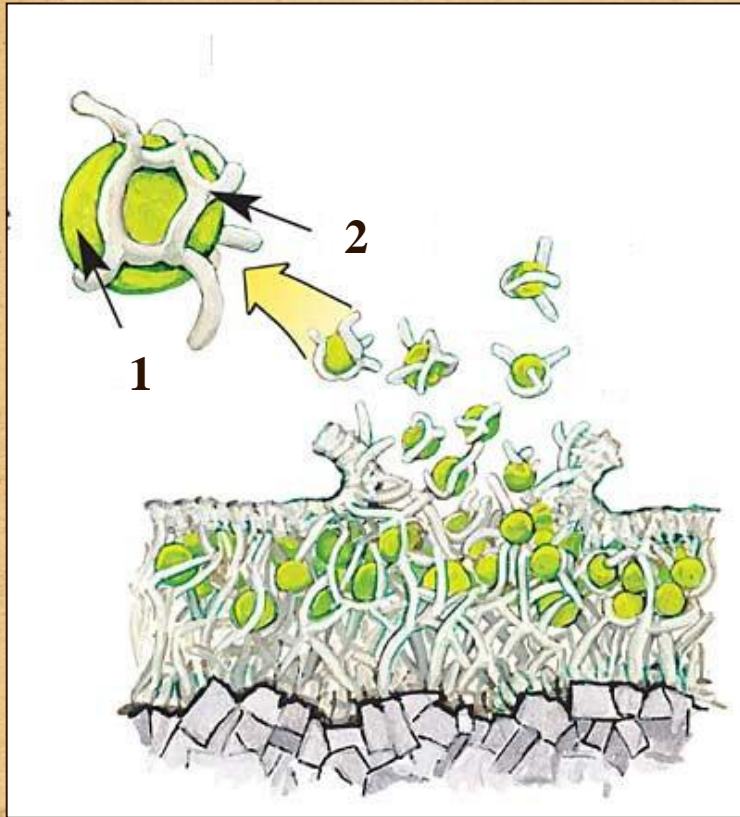


*Внешний вид гетеромерных талломов*

## Лишайники: размножение

- ❖ Лишайники *размножаются* преимущественно *вегетативно*, т.к. при отдельном размножении симбионтов неминуемо возникает проблема их дальнейшей встречи друг с другом. Размножение или *фрагментами талломов*, или специализированными структурами – *соредиями* и *изидиями*, которые переносятся ветром и, попадая в благоприятные условия, дают начало новым талломам.
- ❖ *Соредии* и *изидии* представляют собой клубочки, состоящие из одной или нескольких клеток водоросли, оплетенных гифами гриба. *Соредии* образуются под верхней корой таллома и высвобождаются через его разрывы, создавая на поверхности таллома вид порошка или налета. *Изидии* представляют собой мелкие выросты на поверхности таллома, в виде бугорков или шипиков, и покрыты верхней корой, вместе с которой и отделяются от таллома лишайника.

# Лишайники: размножение

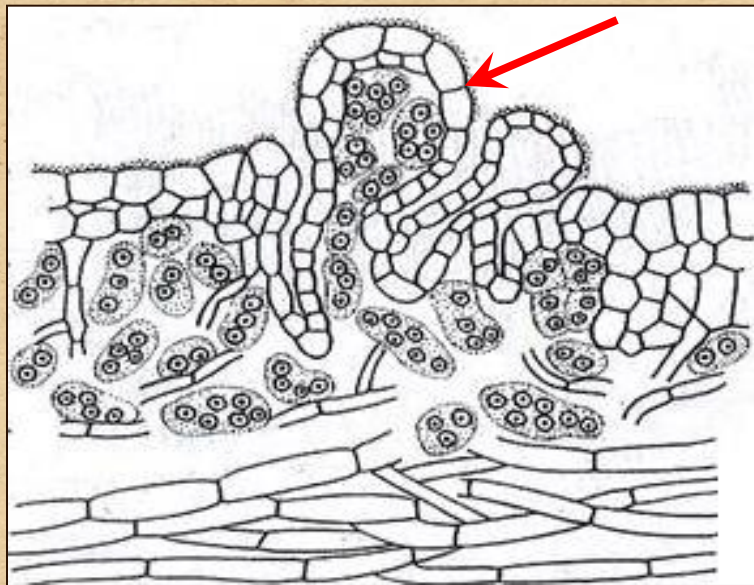


*Соредии: клетка водоросли (1),  
оплетенная гифами гриба (2); на рисунке  
показано отделение от таллома  
лишайника*



*Соредии:  
внешний вид на  
талломе  
лишайника*

# Лишайники: размножение



*Изидии: клетки водоросли и гифы гриба, покрытые слоем верхней коры*



*Изидии:  
внешний вид на  
талломе  
лишайника*

Помимо общего для лишайника в целом *вегетативного размножения*, каждый из симбионтов способен размножаться отдельно. *Водоросль* в талломе способна размножаться *только вегетативно*, фрагментацией, или вообще не размножается. *Гриб* в талломе может размножаться бесполовыми спорами (конидиями) или половым путем, и в этом случае на талломе споры образуются в *плодовых телах*. Чаще всего лишайники образуют блюдцевидные *апотеции* (если грибной симбионт – аскомицет), реже плодовые тела в виде *шляпки с ножкой* (базидиальные лишайники).



*Cladonia*



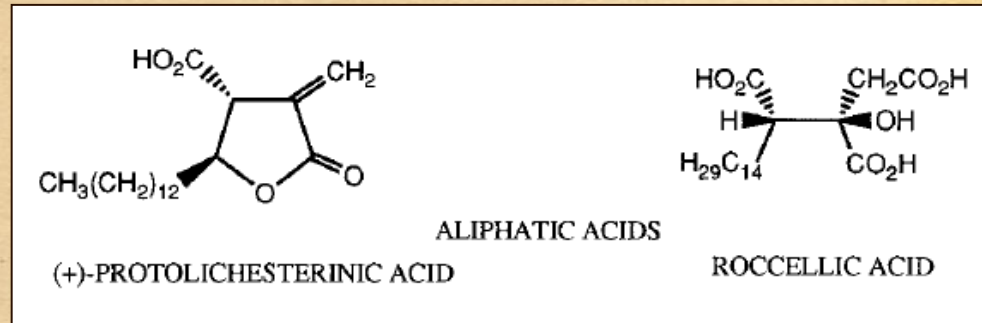
*Lichenomphalia*

# Биологически активные вещества лишайников

- ❖ Лишайники вырабатывают биологически активные вещества – *лишайниковые кислоты*. Первое было открыто в 1826 г. исландским химиком К. Пфаффом.
- ❖ К настоящему времени известно *свыше 450* подобных соединений, они определяют цвет таллома лишайников и участвуют в цветных химических реакциях, применяемых для идентификации лишайников. Эти соединения образует *гриб*, но *только в симбиотическом состоянии*, а не в чистой культуре.
- ❖ *В природе* лишайниковые к-ты предотвращают выедание талломов животными, поражение их микроскопическими грибами, а также подавляют развитие мхов, которые, обладая более высокой скоростью роста, затеняют лишайники, препятствуя их фотосинтезу, также лишайниковые к-ты могут защищать талломы от ультрафиолета.

# Биологически активные вещества лишайников

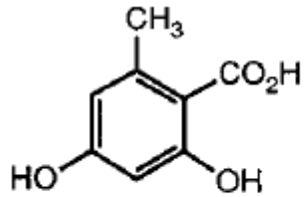
- ❖ *В хозяйственной деятельности человека лишайниковые к-ты могут иметь широкое применение, в т.ч., в качестве медицинского сырья. Они же могут служить причиной разрушения памятников архитектуры.*
- ❖ *Вторичные метаболиты лишайников делятся на следующие группы:*
  - вторичные алифатические кислоты и эфиры;
  - ароматические производные поликетидов;
  - терпены;
  - стероиды;
  - трифенилхиноны;
  - производные пурпуровой к-ты.



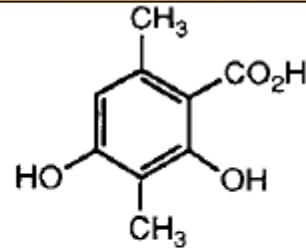
*Алифатические кислоты: слева – пролихестериновая, справа – рочелловая.*



# Биологически активные вещества лишайников



ORSELLINIC ACID

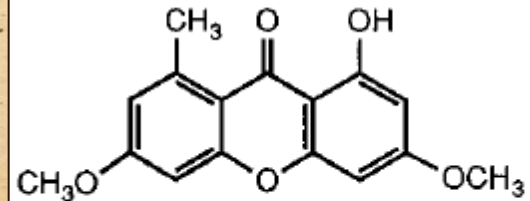


$\beta$ -ORSELLINIC ACID

MONONUCLEAR PHENOLIC COMPOUNDS

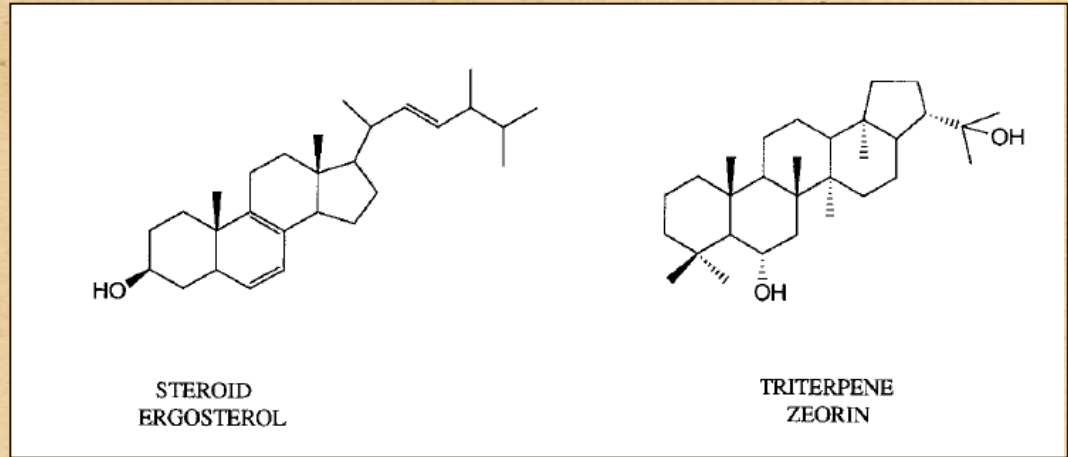
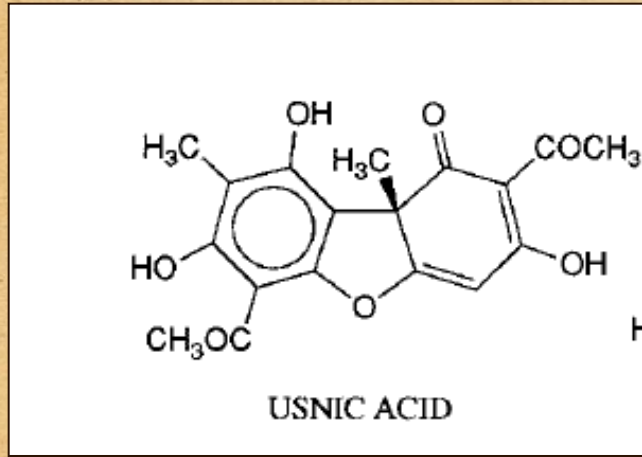
*Ароматические производные поликетидов: слева – орселлиновая, справа – бета-орселлиновая к-та.*

*Ароматические производные поликетидов: ксантон лихексантон.*



XANTHONE  
LICHEXANTHONE

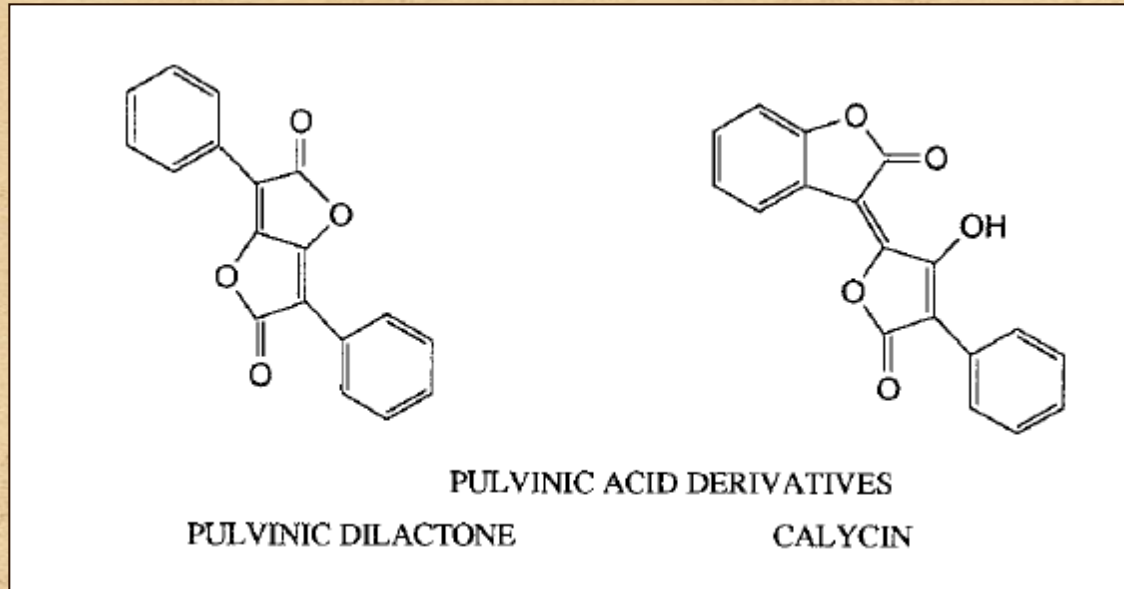
# Биологически активные вещества лишайников



*Ароматические  
производные  
поликетидов: усниновая  
к-та*

*Стероиды, эргостерин, слева, и терпены,  
зеорин, справа*

# Биологически активные вещества лишайников

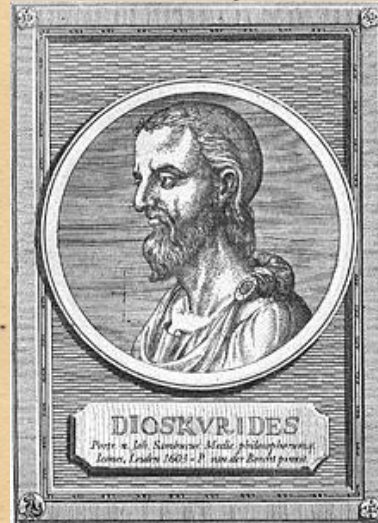
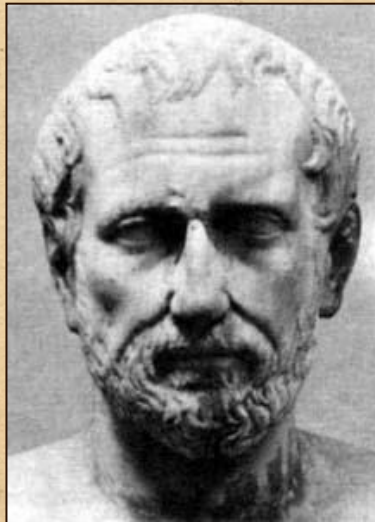


*Производные пульвиновой к-ты: пульвинат дилактон (слева) и калицин (справа)*

# Лишайники: история изучения

*Первые сведения* о лишайниках и сам термин (*lichen*) появляются в работах *Теофраста*. Благодаря наличию иллюстраций возможно опознать их среди прочих описанных «растений». Второй античный автор, упоминавший лишайники, *Диоскорид*; они описаны в его труде *De Materia Medica*. Приведены виды, применявшиеся в медицине, а также в качестве источника красителей (*Evernia prunastri*, *Pseudevernia furfuracea*, *Roccella*).

*Теофраст*  
(370 до н.э. - 288 (285)  
до н.э.):  
древнегреческий  
философ, «отец  
ботаники»

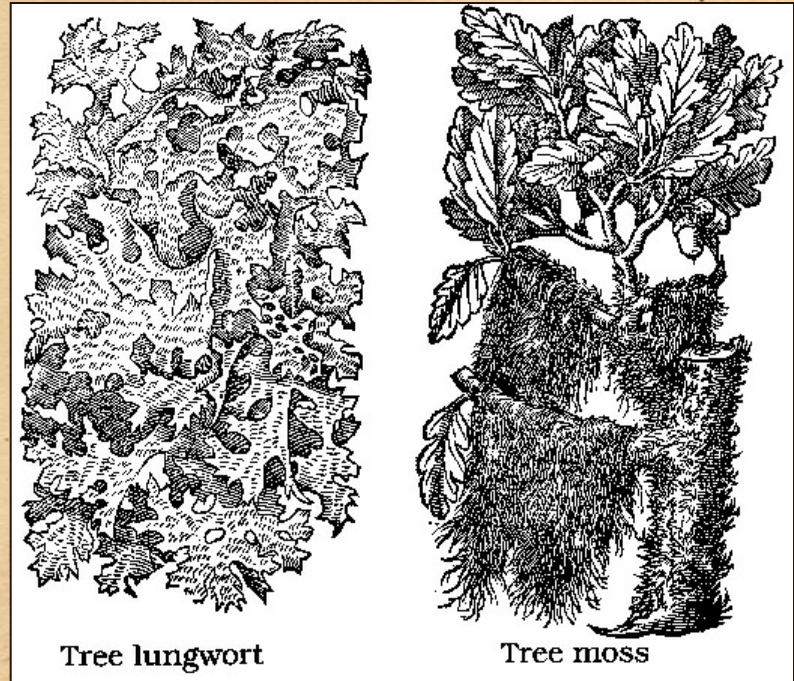


*Педаний Диоскорид*  
(40 н.э. - 90 н.э.):  
древнеримский врач и  
натуралист, автор  
одного из первых  
медицинских  
трактатов

# Лишайники: история изучения

*В Средние века и эпоху Возрождения в Европе* начали появляться *травники* – ботаническо-медицинские иллюстрированные сборники, содержащие сведения не только о растениях, но также и о грибах и лишайниках.

*Гравюры XVI в. из Травника Герарда, изображающие лобарию легочную (слева) и бриорию (справа), применявшиеся в медицине*



Взгляды ученых на лишайники неоднократно менялись в ходе истории. До *XVII в.* они считались растениями. Шотландский ботаник *Роберт Морисон* был первым, кто отнес лишайники к грибам, назвав их «мохогрибы».

В *1694 г.* французский ботаник *де Турнефор* предложил назвать «мохогрибы» Морисона *лишайниками* и определил их как «группу растений, лишенных цветов, но имеющих маленькие плодовые чашечки с мельчайшими семенами, которые видны только под микроскопом».



*Роберт Морисон*  
(1620 – 1683)

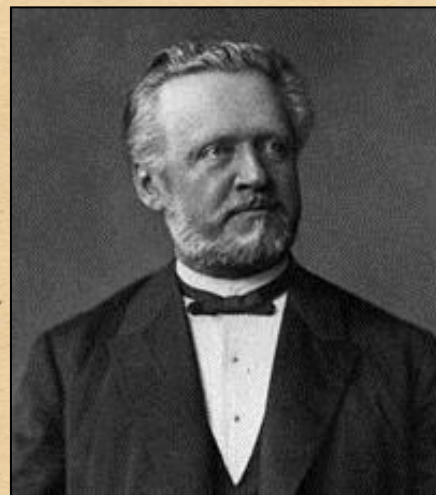


*Жозеф Питтон  
де Турнефор*  
(1656 – 1708)

**В 1866 г.** миколог Антон де Бари впервые показал на одном из видов симбиотическую природу лишайников. В **1867 г.** швейцарский ботаник **Симон Швенденер** распространил это наблюдение на все лишайники в целом. Однако многие его *современники* - специалисты по лишайникам, в частности У. Нюландер, восприняли его идею *как ересь* и отрицали двойственную природу этих организмов.

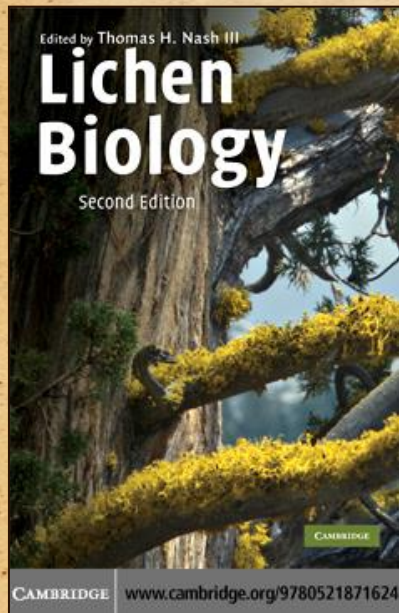
*В настоящее время симбиотическая природа* лишайников – *общепринятая* точка зрения ученых.

*Антон де Бари  
(1831 – 1888):  
миколог,  
основоположни  
к учения о  
симбиозе*

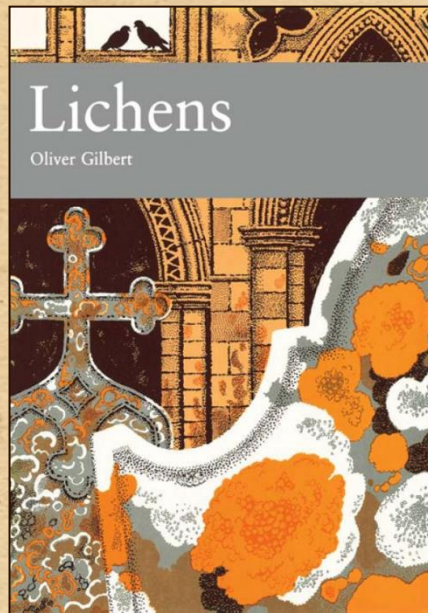


*Симон Швенденер  
(1829 – 1919):  
ботаник,  
основатель науки о  
лишайниках -  
лихенологии*

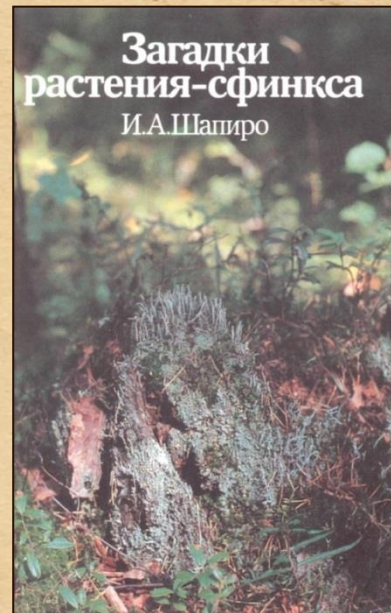
# Лишайники: литература



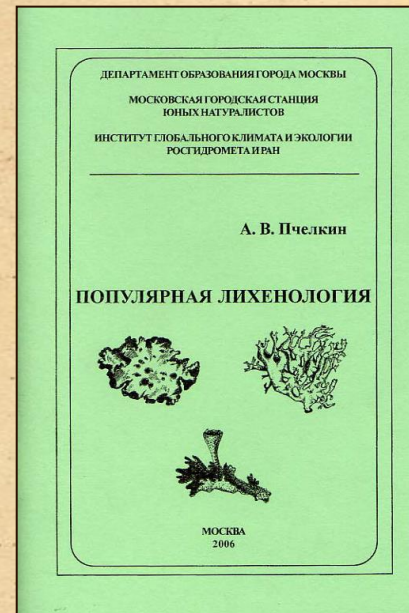
*Nash T.H.*  
*Lichen biology.*  
2008.  
*Cambridge.*



*Gilbert O.*  
*Lichens.* 2000.  
*London: Harper*  
*Collins*  
*Publishers.*



*Шапиро И.А.*  
*Загадки растения-*  
*сфинкса.* 1991. Л.:  
*Гидрометеоиздат.*



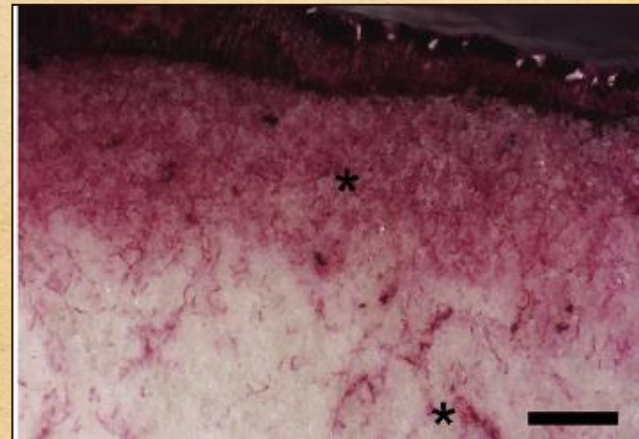
*Пчелкин А.В.*  
*Популярная*  
*лихенология.*  
2006. М.:  
*МГСЮН.*



# Лишайники: роль в природе

- ❖ Лишайники *первыми заселяют* различные местообитания, принимая участие в *первичном почвообразовании*.
- ❖ Лишайники способны разрушать каменные субстраты, участвуя в *биовыветривании* (биологическом разрушении горных пород).  
*Механизмы действия* – как *химическое* воздействие (в т.ч., выделение кислот), так и *механическое* – грибные гифы, проникая в трещины минералов, давлением способствуют их разрушению.

*Окрашенные грибные гифы лишайника  
Verrucaria nigrescens проникают в мрамор  
(из Favero-Longo et al., 2009)*



❖ Лишайники являются *кормовой базой* многих животных (лосей, северных оленей, некоторых видов обезьян и грызунов), в определенные сезоны составляя более 50% их рациона. Лишайниками питаются многие беспозвоночные (гусеницы бабочек, клещи, улитки и пр.).



Северный олень:  
зимой поедает 3 – 5  
кг ягельных  
лишайников (олений  
мох) в день



*Cladonia  
rangiferina*: один из  
лишайников,  
образующих ягель



ягель

- ❖ Лоси питаются лишайниками многих видов, но вид *Xanthoparmelia chlorochroa* может вызывать у них смертельные отравления.
- ❖ Лишайники способны **накапливать радионуклиды**. В 1958 г. было отмечено повышение содержание цезия-137 и стронция-90 в костях норвежских северных оленей. Более высокой концентрация была в период, когда олени питались в основном лишайниками. С мясом оленей радиоактивные элементы попадали в организм людей.



*Xanthoparmelia  
chlorochroa*



*Обезьяна  
ринопитек  
(Китай): с ноября  
по апрель  
лишайники  
составляют 43%  
рациона*

- ❖ Лишайники являются *материалом для гнезд* многих видов птиц, а также белок. Гнездо может целиком состоять из лишайников, или они выполняют функции только внутреннего теплого и мягкого слоя.
- ❖ Иногда птицы выбирают только *определенный вид* лишайника для постройки гнезда, к примеру, *зяблик* [1] строит гнезда [2] исключительно из *Parmelia sulcata* [3], несмотря на близкую доступность множества других видов лишайников.



# Лишайники: роль в природе



*Гнездо длиннохвостой синицы, обложенное лишайниками для отражения света в целях маскировки*



*Гнездо бурокрылой ржанки, сделанное из лишайников*



❖ Под лишайники мимикрируют (*маскируются*) многие животные, обитающие на листьях или коре деревьев.



*Древесная квакша: окраска имитирует листья, покрытые лишайниковым налетом, Коста-Рика*



*Гусеница красной орденской ленты, маскирующаяся под веточку, заросшую лишайниками*



*Бабочки, маскирующиеся под заросшую лишайниками кору деревьев в городах, где лишайники исчезают, становятся более легкой добычей птиц: они заметнее на темной однотонной коре.*

# Лишайники: роль в деятельности человека

## *Положительная* роль лишайников:

- пищевое применение, в т. ч., в качестве корма для скота;
- применение в медицине;
- применение в изготовлении парфюмерии, косметики, в бальзамировании;
- применение в качестве красителей;
- применение в качестве волокна - наполнителей, утеплителей и пр.;
- ритуальное применение;
- применение для датировки памятников архитектуры и горных пород;
- применение для мониторинга загрязнения;
- прочие аспекты применения.

## *Отрицательная* роль лишайников:

- разрушение памятников архитектуры и строительных материалов;
- отрицательное действие на здоровье человека (аллергические реакции).

# Лишайники: пищевое применение

- ❖ Лишайники применялись *в пищу* как таковые (в основном, «на крайний случай»), в качестве специй, а также на корм скоту у многих народов с древности (Древний Египет, Древняя Индия) и до наших дней.
- ❖ Библейская «манна небесная», которая была послана евреям во время их скитаний по пустыне, по мнению многих исследователей (Trease, Evans, 1978), представляет собой талломы лишайников *Aspicilia esculenta* [1] и *A. vagans* [2], которые обитают в пустынях, могут легко отделяться и подниматься ветром в воздух, а затем, насыщаясь влагой, выпадать на землю как крупа.







*Сбор манны, 1497–99,  
мастерская Ф. Брюннера,  
Германия, витраж. Моисей и  
Аарон позади него  
наблюдают сбор манны.*

Во время похода по пустыне евреи начали роптать, что им нечего есть, и 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". Утром все увидели росу вокруг стана, а когда она испарилась, то осталась крупа, похожая на иней – манна, которая была по вкусу, как лепешки с медом (Исход 16:4 и 13–35).*



Виды *Aspicilia* до сих пор употребляются в пищу жителями пустынь. Лишайник растет на камнях, образуя толстые, легко отделимые корочки, которые переносятся ветром и скапливаются в углублениях. Один человек в день может собрать до 6 кг лишайников. Растертые талломы лишайников слегка напоминают муку, из них пекут лепешки.

*Хранение манны, 1497–99, мастерская Ф. Брюннера, Германия, витраж. Согласно «Исходу», манну необходимо было собирать каждое утро, так как она таяла от ярких лучей солнца.*

# Лишайники: пищевое применение, Индия

- ❖ В Индии лишайники традиционно применялись *очень широко*, и не только в пищевых целях. Масса лишайников при большом объеме очень мала, однако в Непале и соседних с ним регионах Индии ежегодно собирают для различных целей около **320 тонн** лишайников (Upreti et al., 2005).
- ❖ В пищевых целях лишайники использовались в виде порошка или талломов целиком, они являются основным ингредиентом для приготовления блюд *масала*. Кроме того лишайники широко применялись и применяются до сих пор в качестве специй и ароматизаторов блюд.

*Мешки с лишайниками,  
собранными для различных  
целей в предгорьях Гималаев*



*Некоторые виды лишайников, наиболее широко применяемые в Индии в пищу, в том числе, в качестве специй*



*Everniastrum cirrhatum*



*Parmotrema tinctorum*



*Rimelia reticulata*



*Heterodermia tremulans*

# Лишайники: пищевое применение, Япония



*Umbilicaria esculenta* (*иватакэ – горный гриб*) – наиболее популярный съедобный лишайник в Японии, используется также в китайской и корейской кухне. Он растет на скалах и его сбор представляет собой целый ритуал, отраженный в изобразительном искусстве.



Лишайник высушивают, промывают до удаления черной окраски и отваривают, затем вымачивают и используют для салатов. *Иватакэ* также едят в соевом супе или обваливают в муке и обжаривают в масле наподобие хрустящего картофеля.

*Утагава Хиросигэ II*  
(1826 – 1869). Сбор иватакэ в Кумано, Кисю



# Лишайники: пищевое применение, Северная Америка

Индейцы Северной Америки также используют в пищу лишайники, в основном, при отсутствии другой пищи, но в некоторых племенах они считаются деликатесом. Как и в Азии, едят некоторые виды *Umbilicaria*, но главным пищевым и для людей, и для скота лишайником служит *уила* – собирательное название видов *Alectoria* (*Bryoria*), главным образом, *B. fremontii*. Этот вид известен под 20 различными народными названиями у аборигенов Северной Америки.



*Umbilicaria mullenbergii*



*Bryoria fremontii*

*Уила* собирают в больших количествах (более 10 кг на семью в год) и активно употребляют в пищу в Британской Колумбии и нескольких штатах США. По легендам индейцев *секвемпек* (Британская Колумбия, Канада) *уила* возникла из шерсти известного мифологического героя *Койота*, который решил забраться на дерево и сплести там паутину, как паук. Однако затея привела только к тому, что он свалился вниз, а из клочков его магической шерсти возник лишайник, действительно напоминающий своим видом волосы.



*Уила* вначале вымачивают или кипятят, чтобы удалить токсичную *вульпиновую к-ту*, затем готовят на огне в каменном очаге, обычно вместе с овощами или другой пищей. Блюдо употребляют сразу или засушивают для длительного (до нескольких лет) хранения. Затем размачивают или толкут и делают из полученного порошка кашу.



# Лишайники: пищевое применение, Россия и Европа

В европейских странах и в России применяли в пищу целый ряд видов лишайников. Они использовались в пищу непосредственно, в качестве добавки или применялись при изготовлении алкогольных напитков.

Многие виды имели широкий спектр применения помимо пищевого.



*Cetraria islandica*, исландский мох – использовали для приготовления лишайниковой муки. Талломы вымачивали и промывали для удаления горечи (лишайниковых к-т), высушивали и делали муку. Смешивая такую муку с пшеничной можно испечь хлеб. Скандинавские моряки

брали такой хлеб в море, т.к. он долго не плесневеет и меньше поражается жучками, чем пшеничный. С добавками *Cetraria* готовили студни и кисели.



Различные виды ягельных лишайников (*Cladonia*) также применялись для изготовления муки, а также их 2-3 дня вымачивали в растворе соды, промывали, часто меняя воду, чтобы удалить лишайниковые к-ты, и варили до киселеобразного состояния. Такой «кисель» не очень питателен, но позволяет поддерживать жизнедеятельность в отсутствие другой еды. Настой *C. rangiferina* использовался французскими охотниками вместо чая, когда припасы подходили к концу (Sturtevant, 1919). Этот же вид применяли для изготовления *бренди*, в конце XIX в. подобное производство существовало в окрестностях Стокгольма, но недолго, т.к. запасы лишайников очень быстро истощились (Smith, 1921).



*Cladonia alpestris*

*Cladonia rangiferina*



Некоторые виды лишайников, в частности, *Lobaria pulmonaria* в Европе и Сибири применяли в **пивоварении** в качестве замены хмеля. Благодаря этой добавке пиво приобретало характерную горчинку и становилось более хмельным (Lindley, 1849; Schneider, 1897).



Во время Великой Отечественной войны в СССР было налажено производство глюкозного сиропа из лишайников для замены сахара. Высушенные талломы вымачивали в растворе соды, промывали, нагревали с серной кислотой, добавляли известь, фильтровали р-р через активированный уголь и упаривали до получения сиропа с концентрацией глюкозы около 70%. Таким образом в год производили до 1000 кг глюкозы.



*Alectoria ochroleuca* – один из лучших продуцентов глюкозы (до 82%), очищенный сироп не имеет посторонних запахов

# Лишайники: применение в медицине

*Первое упоминание медицинских свойств* лишайников содержится в древнеиндийских текстах – *Ведах* (1500 л до н.э.). В медицинском трактате *Аюрведа* они часто встречаются под названиями *чарила* или *шила-пушп* («цветок гор»). Кроме того, лишайники применяли в традиционной медицине Китая, Древнего Египта, Древней Греции, использовали в Средневековой Европе. В соответствии с постулатом «*излечения подобного подобным*» применяли:



*Bryoria* – от облысения



*Peltigera canina*, собачий лишайник – от бешенства



*Lobaria pulmonaria* – от легочных болезней

Однако лекарственные свойства лишайников подтверждены научными исследованиями, и созданные на их основе препараты используются в современной медицине. Благодаря высокой *гигроскопичности*, талломы могут применяться в качестве *перевязочного материала* в полевых условиях, а наличие у лишайников *биологически активных веществ* обуславливает их применение в лечении заболеваний, вызываемых вирусами, бактериями и грибками.



Лекарственные  
препараты из  
лишайников,  
Великобритания

*Усниновая к-та* обладает спазмолитическим, противовирусным и антибактериальным действием, применяется для лечения ран, ожогов, туберкулеза. Вещества из лишайников (*водорастворимые полисахариды, в т.ч., глюканы*) могут обладать противораковой активностью, стимулируя иммунный ответ, а также имеют противогрибное действие. *Наиболее популярные коммерческие медицинские препараты на основе лишайников: Бинан (Na соль усниновой к-ты), Эвозин, Цетрис.*

*Cetraria islandica* (исландский мох) имеет наиболее широкое медицинское применение в самых различных странах, первые упоминания о нем в Европе относятся к 1763 г., в настоящее время медицинские свойства этого лишайника изучены наиболее подробно. Применяется при туберкулезе, бронхитах (как отхаркивающее), заболеваниях желудка и кишечника, как пищевая тонизирующая добавка при общей слабости. В Исландии на протяжении 200 лет врачи применяют для укрепления здоровья пациентов, истощенных длительными тяжелыми болезнями. Также используется в лечении гриппа и катаральных явлений.

Медицинское применение основано на обволакивающем, бактерицидном, антиперспирантном и противорвотном действии. Лишайниковые к-ты подавляют развитие Грам-положительных бактерий, в том числе, туберкулезной палочки. Применяется в виде настоев. На основе данного вида в СССР был разработан препарат «Цетрис» для лечения мастопатии.



*Evernia prunastri*, дубовый мох, применяется в фармацевтике и в парфюмерной промышленности. На основе данного вида в середине XX в. в Германии был разработан препарат «Эвозин» (смесь эверновой и усниновой к-т) против стафилококковых и стрептококковых инфекций. Этот препарат и его позднейшие модификации применяют для лечения фурункулеза, волчанки, трихофитоза и открытой формы туберкулеза.



Препарат «Бинан» (Na-соль усниновой к-ты) был создан в СССР. Применяется против Грам-положительных бактерий, для лечения свежих и инфицированных ран, варикозных и трофических язв и острого гнойного воспаления мягких тканей, при травматическом остеомиелите и эрозии шейки матки.

*Cetraria nivalis* – один из продуцентов усниновой к-ты



*Burkholder et al., 1944*: экстракты 52 видов лишайников Северной Америки обладают антибактериальным действием (против Грам-положительных бактерий). Г-положительные бактерии подавляются действием усниновой к-ты, протолихестериновой к-ты и ряда производных орцинола.

Многим лишайникам свойственна также антигрибная активность, в природе предотвращающая заселение микроскопическими грибами и разрушение ТАЛЛОМОВ.



*Everniastrum cirrhatum* – имеет антигрибную активность широкого спектра действия, потенциально применимую в медицине в терапии грибковых заболеваний кожи (Shahi et al., 2003)

*Parmelia sancti-angeli*: применяется в центральной Индии для лечения грибкового заболевания - стригущего лишая



# Лишайники: применение в медицине



*Umbilicaria esculenta:*  
содержит  
полисахарид GE-3,  
подавляющий  
развитие саркомы



*Peltigera canina:* в Индии  
применяли при болезнях  
печени, в основе лечебного  
действия – высокое  
содержание аминокислоты  
метионина



*Peltigera aphthosa:*  
индейцы Северной Америки  
применяли от туберкулеза  
и в качестве мочегонного  
средства



Благодаря способности впитывать влагу и обеззараживающему действию биологически активных веществ лишайники применялись как кровоостанавливающее средство и перевязочные материалы в традиционной медицине многих народов.



*Peltigera polydactyla*:  
кровоостанавливающее  
средство в традиционной  
медицине Индии



*Heterodermia diademata* : в Индии  
лишайник прикладывали к  
порезам для обеззараживания и  
предотвращения намокания раны



*Alectoria sarmentosa*:  
индейцы Северной  
Америки  
использовали для  
перевязки ран

# Лишайники: применение в изготовлении парфюмерии, косметики, в бальзамировании

В настоящее время в парфюмерной промышленности наиболее широко применяются *Evernia prunastri* (дубовый мох) и *Evernia furfuracea*. На юге Франции, в Марокко и на территории бывшей Югославии эти лишайники собирали в масштабах 8 – 10 тыс. тонн ежегодно. Талломы и кору экстрагировали растворителями и обрабатывали спиртом. Получаемую таким образом вытяжку применяли для закрепления аромата в парфюме, предотвращая быстрое высыхание ароматического раствора. На известном своими благовониями Ближнем Востоке лишайники применяются в этом качестве издревле, первое упоминание – XII в. (Саладдин из Аскалона).

*Evernia prunastri*  
экспортируется во Францию,  
входит в состав парфюма  
тина «Fougère» и «Chypre»



# Лишайники: применение в изготовлении парфюмерии

Лишайники собирают в сухую погоду, очищают и тщательно предохраняют от посторонних запахов. Экстракция — сложный процесс, зависящий от вида лишайника, типа растворителя и парфюмерных традиций. Растворители: спирт, бензин, ацетон, этиленгликоль, петролейный эфир. Сухие талломы размачивают в горячей воде около суток, сливают воду и при  $40^{\circ}\text{C}$  проводят экстракцию в три этапа. Затем растворитель выпаривают и остается экстракт, который непригоден для парфюма, но может использоваться в производстве туалетного мыла. Для применения в парфюмерии первичный экстракт обрабатывают 95% этиловым спиртом 5 ч. во флягах, нагреваемых паром. Затем фляги охлаждают до  $15^{\circ}\text{C}$ , когда выпадают в осадок нерастворимые компоненты, и до  $-6^{\circ}\text{C}$ . Затем спирт выпаривают и получают твердый продукт, который иногда растворяют в жидкости без запаха, например, в касторовом масле.



# Лишайники: применение в косметике

В Индии и Европе многие виды лишайников использовались в *косметических целях*: для приготовления *пудры для волос* или аналогов современных шампуней, в т.ч., сухих.



1

2



3

4

Индия (1–4): 1. *Anaptychia ciliaris* (пудра); 2. *Parmotrema chinense* (шампунь); 3. *Parmotrema perforatum* (шампунь); 4. *Roccella fuciformis* (шампунь). Европа: 5. *Ramalina calicaris* (пудра для волос, в дальнейшем сменившаяся крахмалом).



5

# Лишайники: применение в бальзамировании

В Древнем Египте некоторые виды лишайников, в том числе, *Evernia furfuracea*, применявшийся как ароматизатор и наполнитель хлеба, использовали при бальзамировании для сохранения запахов благовоний. Полость тела набивали лишайниками, опилками, измельченной миррой, кассией и пряностями. Неясно, использовался ли он как консервант 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 ткани. В период упадка древнеегипетской цивилизации лишайники использовать перестали, и тело набивали просто песком и опилками.



*Evernia furfuracea*

# Лишайники: применение в качестве красителей

Свойства лишайников как *красителей* обусловлены наличием лишайниковых к-т, дающих окрашивание при кипячении. Лишайники применялись для окраски тканей и нанесения декоративных узоров на тело издревле, и во многих аборигенных обществах применяются и в настоящее время. Сейчас промышленного применения лишайниковые красители не имеют, за исключением редких локальных производств.

**Пурпур** – краситель различных оттенков от багряного до пурпурно-фиолетового цвета, в античные времена добывали из моллюсков. Применение пурпура отмечено уже во 2 тыс. до н.э., краситель был очень дорогим, и пурпурные ткани являлись предметом роскоши и знаком принадлежности к знатным родам и правящим династиям. Более доступным заменителем был лишайниковый пурпур, *орхил (орсель)*, по цвету не уступавший моллюсковому, но обладающий низкой светостойкостью и постепенно коричневеющий на ярком солнечном свете.



**Мурекс:** один из моллюсков, из которых в древности добывали пурпур



*Roccella tinctoria*

Лишайниковый пурпур был известен древним египтянам, финикийцам, грекам, римлянам, он упоминается в трудах Теофраста и Плиния. Краситель получали из лишайника *Roccella tinctoria* и обычно смешивали с более стойкими красными красками. Умелое сочетание лишайниковой и протравной краски может дать стойкое окрашивание и мягкую текстуру ткани. После падения Римской империи искусство окрашивания лишайниками было надолго утрачено, но в XV в. флорентийские купцы возобновили производство.

В XIX в. *Roccella tinctoria* экспортировали из Индии и Цейлона в Великобританию для приготовления краски. *Орсель* в основном использовали для окраски ткани, однако его применяли и для окраски спирта в термометрах, а также бумаги и древесины. Краситель получали, добавляя раствор аммиака и выдерживая талломы неделю. Действующее вещество – *эритрин*.



*Ochrolechia tartarea*

*Ochrolechia tartarea* (лакмусовый ягель) использовали кельты и скандинавы для приготовления «ложного пурпура» (Ferreira et al., 2004), этот лишайник был известен и в Древнем Риме. В Великобритании промышленное производство красной краски из него было основано в 1758 г. в Эдинбурге Георгом Гордоном, а спустя 20 лет перенесено в Глазго.

Ежегодно использовали 250 тонн лишайников, которые за хорошую плату собирали со скал сельские жители. Когда шотландские источники истощились, лишайники стали импортировать из Швеции, Норвегии, Канарских островов и Мальты. Фабрика в Глазго просуществовала до 1852 г., однако небольшое количество краски производилось до недавнего времени. Действующее вещество – *леканоровая кислота*.





*Parmelia omphalodes*

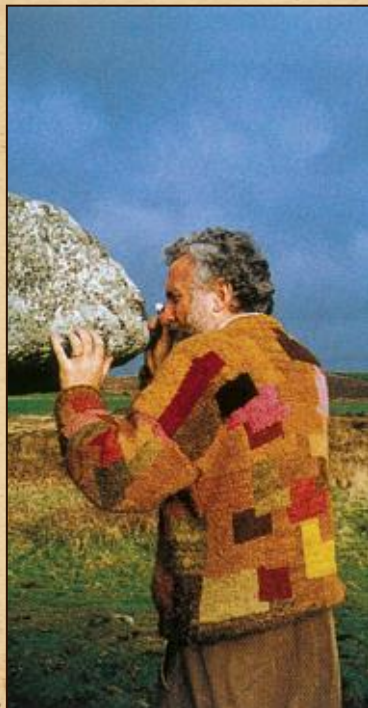
Шотландскую шерстяную материю *твид* до сих пор красят с помощью лишайников, такие краски не выцветают и придают ткани мягкость и аромат, кроме того, материал не повреждает моль. *Parmelia omphalodes* дает окрашивание шерсти в густой коричневый цвет. Лишайниковая краска никогда не производилась в больших промышленных объемах, существовали и до сих пор действуют только локальные производства.

Лишайники высушивали и запасали в мешках. Шерсть до окрашивания мыли в горячем растворе соды и мыла, а затем отполаскивали в проточной воде. После этого большой чан наполняли чередующимися слоями лишайников и шерсти, в пропорции один к одному. Затем котел заливали торфяной водой и варили до получения требуемого оттенка. Окрашивание получалось очень стойким, и ткани не выцветали.

# Лишайники: применение в качестве красителей



*Шерсть, окрашенная лишайниковыми красителями*

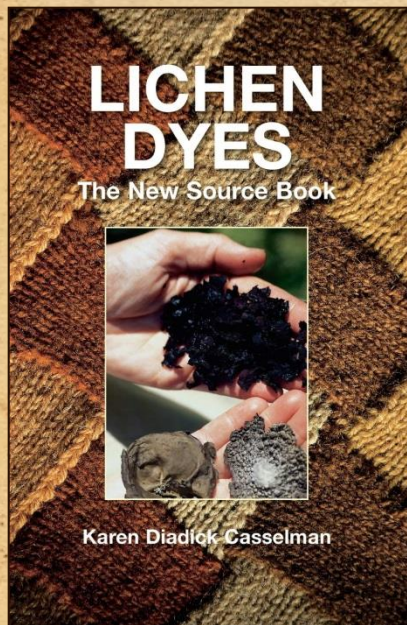


*Лихенолог Рэй Вудс в свитере из окрашенной лишайниками пряжи*

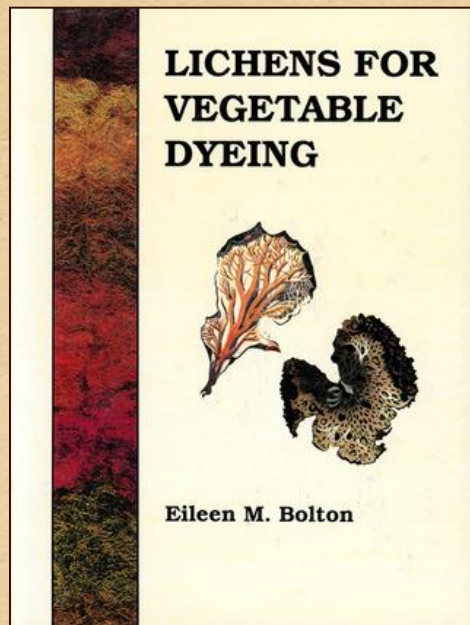


*Процесс приготовления красителя из лишайников*

# Лишайники: применение в качестве красителей



*Casselmann K.D. 2011. Lichen Dyes: The New Source Book. Dover Publications, NY*



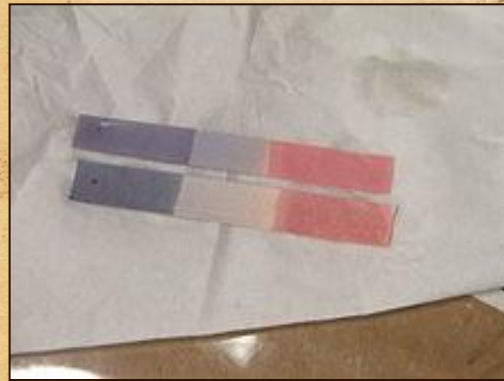
*Bolton E.M. 1991. Lichens for Vegetable Dyeing. Robin & Russ Handweavers Inc*



*Smith R.M. 2013. Wild Colour: A Handbook of Vegetable and Lichen Dye Recipes. Smashwords Edition*

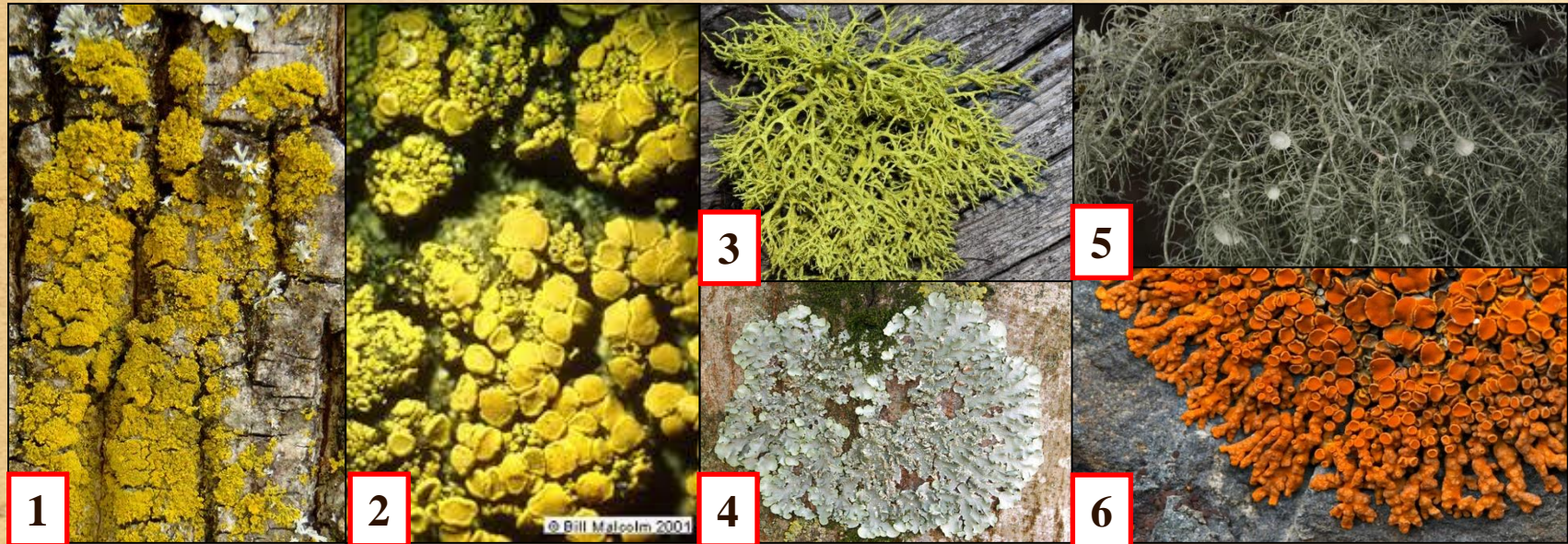


*Roccella montagnei*



Лишайник *Roccella montagnei*, обитающий на Мадагаскаре, и некоторые другие виды используются для производства *лакмуса* – старейшего индикатора кислотности, применяемого в химии. Впервые он был применен в 1300 г. испанским врачом и алхимиком Арнальдусом де Вийянова, а свое современное название получил в 1704 г. и примерно тогда же началось его широкое производство. Лакмусовая бумага приобретает в *кислых* средах *красную* окраску, а в *щелочных* – *синюю*. Лишайник помещают в открытый чан и смачивают раствором соды, добавляют раствор аммиака и периодически перемешивают. Лишайники сначала становятся красными, затем пурпурными и 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.

Лишайники могут быть также источником красок желтого и оранжевого оттенков. *Buellia subsororioides* в Индии применяли в качестве оранжевого красителя, заменяющего хну. Индейцы Северной Америки использовали для получения желтой краски *Candelariella concolor* (1), *Candelariella vitellina* (2), *Letharia vulpina* (3), *Parmelia borreri* (4), *Usnea barbata* (5), *Xanthoria elegans* (6). Виды рода *Xanthoria* также применяли в Шотландии для окрашивания пасхальных яиц.



# Лишайники: применение в качестве волокна

Лишайники применяются как источник волокна для получения наполнителя, утеплителя построек, а также для изготовления одежды, правда, получаемая ткань имеет невысокое качество и применялась только в крайних случаях. В этом же качестве лишайники использовали для изготовления пеленок и средств гигиены благодаря высокой влагоемкости и наличию бактерицидных свойств.



*Usnea longissima*: в Индии материал для набивки матрасов



*Peltigera aphthosa* (слева) и *Stereocaulon paschale* (справа): наполнитель при изготовлении плотов из оленьих шкур у эскимосов Северной Америки

# Лишайники: применение в качестве волокна



*Ягель (Cladonia): на севере России материал для утепления построек*



*Alectoria sarmentosa: у индейцев Северной Америки наполнитель для матрасов, материал для пеленок и средств гигиены, волокно для изготовления одежды (пончо) и обуви*



*Bryoria fremontii: у индейцев Северной Америки материал для изготовления одежды. Волокно смешивали с растительным для увеличения прочности*

# Лишайники: ритуальное применение

- ❖ Лишайники многими народами применялись в ритуальных практиках, им приписывались магические свойства и с ними были связаны различные суеверия. Некоторые лишайники обладают психоактивными свойствами, также применяемыми в ритуалах шаманов.
- ❖ В *Индии* лишайники вместе с пряными травами использовались для ритуального сожжения в священном жертвенном огне (*хаван*):



*Cetrelia collata*



*Melanelia infumata*



*Parmotrema nilgherrense*





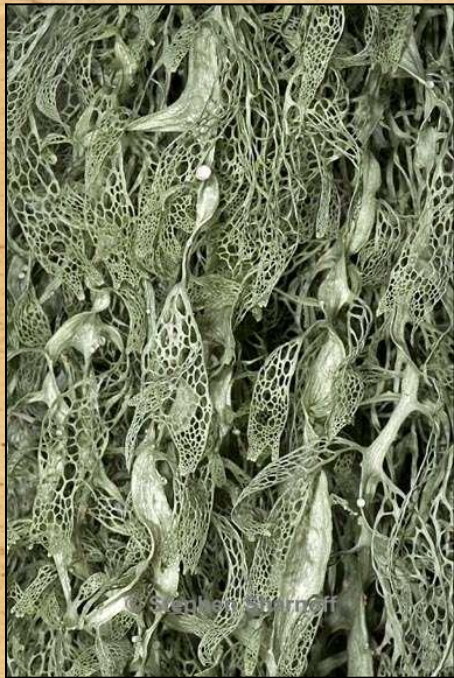
*Letharia vulpina*: индейцы апачи (Аризона) носили с собой как талисман. Краске, получаемой из этого лишайника, при нанесении на лицо приписывали свойства приворотного зелья, а нанесенная на ноги она, как считалось, помогала стать невидимым для врагов



*Lobaria pulmonaria* : у индейцев Канады называлась «лягушачьим одеялом». Применяли в весеннем ритуале омовения для оздоровления и продления жизни

*Peltigera membranacea*: у индейцев Канады применялась в любовной магии, но способ применения неизвестен





*Ramalina menziesii*: индейцы  
каваису (Калифорния) клали  
лишайник в воду, чтобы  
вызвать дождь, и сжигали,  
чтобы избежать удара молнии



*Umbilicaria mamulata* : индейцы  
восточной Канады клали лишайник  
на живот роженицы для  
облегчения трудных родов



*Dictyonema*: галлюциноген,  
вызывающий сильные головные  
боли, галлюцинации и  
дезориентацию; действующее  
начало не установлено (Schmull et al.,  
2014). До начала XX в. применялся в  
ритуальных практиках шаманами  
индейцев ваорани (Эквадор) при  
вызове духов-помощников для  
лечения больных

# Лихенометрия: использование лишайников для датировки

- Благодаря *медленному росту* и *длительным срокам жизни*, лишайники, особенно *накипные*, могут быть использованы для *датирования* природных субстратов или памятников архитектуры.
- *Лихенометрия* - датировка, основанная на измерении скорости роста лишайников.
- Точность оценки – около 10%, возможная погрешность – 300 – 500 лет, но метод может быть использован в случае, когда нет возможности использовать другие.
- Изначально *лихенометрия* ограничивалась изучением *накипных* лишайников, чей возраст может достигать 4500 лет. Лучше всего метод работает *в комплексе с другими* способами датировки или *при наличии точно датированного контроля* (напр., надгробия на старых кладбищах). Без «калибровки» по датированному субстрату, сложно сказать что-либо, т.к. скорость роста лишайников может быть *неравномерной* и зависеть от многих факторов, в т.ч., от климата. Измеряя размеры наибольших талломов и зная ежегодный прирост, можно построить график увеличения диаметра таллома и, соответственно, вычислить время. Существуют специальные формулы для вычисления возраста талломов, т.к. рост лишайников не всегда линейный.

# Лихенометрия: использование лишайников для датировки

Изменения размеров талломов лишайников, развивающихся на каменном надгробии



1983 г.



1990 г.



1994 г.

При помощи лихенометрии наблюдали движение ледников в различных регионах Земли. При движении ледника происходит перемещение морены, при потеплении ледник останавливается и формирует моренную гряду. Хорошие результаты дает нанесение на карту размеров наибольших талломов определенных видов лишайников, взятых из различных точек. Талломы одного размера соединяются изолиниями и получается карта, иллюстрирующая движение ледника.

Посредством лихенометрии также были датированы некоторые петроглифы и монументы острова Пасхи.

*Мегалиты острова Пасхи, около 600 огромных каменных статуй, высеченных из вулканического туфа и достигающих веса 40 тонн. Их происхождение связывали с выходцами из Египта, Индии, Боливии, Меланезии и Перу.*



Мегалиты острова Пасхи были датированы лишенометрическими методами, так как другие методы, такие как изотопный анализ, не работали на вулканических скалах. Наиболее удобными для датировки оказались лишайники *Lecidea paschalis*, *Dirinaria applanata* и *Diploschistes anactus* с талломами в форме округлых розеток. Определение скорости роста лишайников было проведено по фотографиям, сделанным в период 1914 – 1961 гг. (12, 17 и 8 мм/год соответственно), измерением талломов на поверхности шести мегалитов был установлен их возраст. Он оказался около 4300 лет, что впоследствии было подтверждено известным исследователем Туром Хейердалом на основании археологических данных.

Индейцы Канады создавали картины, используя развивающиеся на скалах лишайники. Для создания изображений, они просто соскребали талломы. Так как лишайники растут очень медленно, эти изображения сохранялись в течение длительного времени.



*Dirinaria applanata*

## Лихеноиндикация: использование лишайников для мониторинга загрязнений

- *Лихеноиндикация* - мониторинг загрязнений воздуха на основе динамики лишайниковых сообществ или присутствия/ отсутствия видов-индикаторов.
- Более полутора веков лишайники применяют для оценки степени загрязнения воздуха, в настоящее время подобный мониторинг ведут во многих крупных городах Европы и России. Уже в XIX в. исследователи отмечали исчезновение лишайников в городах Англии, Франции, Германии.
- Лишайники очень чувствительны к загрязнениям, особенно, серой, азотом и металлами, благодаря всасывающему типу питания и долголетию (в талломах токсичные вещества накапливаются в больших количествах), а также отсутствию опадающих частей, куда можно перевести токсичные соединения, как в листья у растений.
- Чувствительность лишайников к загрязнениям сильно различается у разных видов, наиболее чувствительны эпифитные (развивающиеся на коре и древесине) лишайники, именно они используются чаще всего.

- На состав лишайниковых сообществ может существенно влиять концентрация оксида серы (окисляется сера, являющаяся примесью в топливе, соединение участвует в формировании кислотных дождей). В последние годы загрязнения им сократились за счет улучшения контроля за производствами, и лишайники в городах начали восстанавливаться в тех местах, где прежде исчезли.
- На основании лишайноиндикации нельзя делать выводы о концентрации загрязнителей, также неправильно считать, что если лишайников нет, то «грязно», а если они есть – то «чисто», существуют виды как с очень низкой, так и с очень высокой устойчивостью к загрязнителям.

*Lecanora conizaeoides*: вид с высокой устойчивостью к загрязнениям и высокой потребностью в сере, исчезает при снижении концентрации оксида серы в воздухе

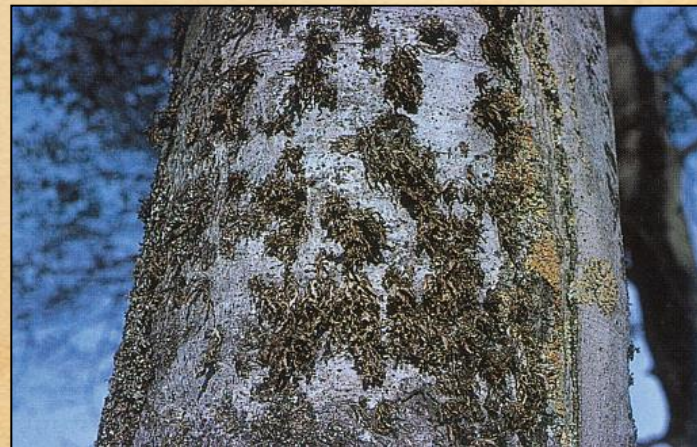


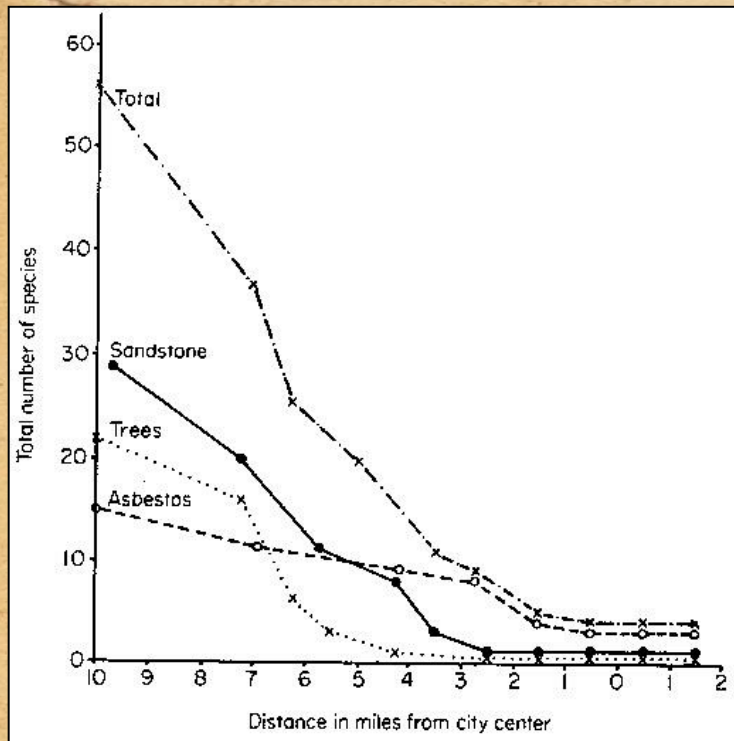


Видовой состав лишайников в промышленных и окраинных районах городов сильно различается, поэтому выделяют специальные *лишайниковые зоны*:

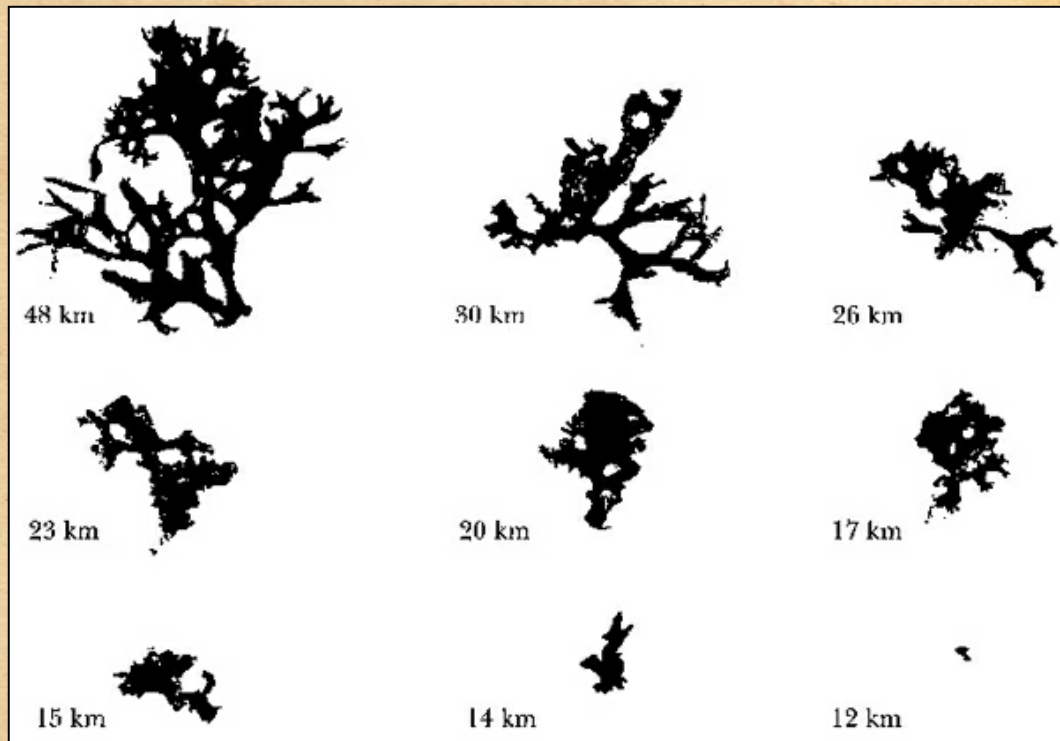
- *«лишайниковая пустыня»* - лишайники почти отсутствуют,
- *«зона конкуренции»* - видовой состав лишайников беден, жизнеспособность талломов понижена,
- *«нормальная зона»* - лишайники развиваются нормально, их видовое разнообразие высоко.

*Талломы лишайников, отмирающие  
в связи с сильным загрязнением  
фторидами,  
Инвергордон, Шотландия*





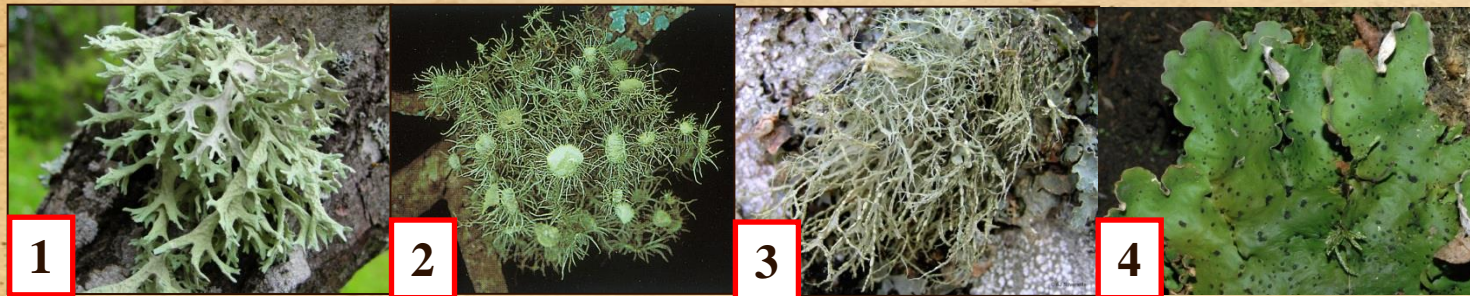
Сокращение числа видов лишайников по мере движения от окраин к центру города Ньюкасл, Великобритания (Gilbert, 2000)



Степень угнетенности талломов эпифитного лишайника *Evernia prunastri* по мере движения от центра города к окраинам, Ньюкасл, Великобритания (Gilbert, 2000)

# Лихеноиндикация: использование лишайников для мониторинга загрязнений

Виды лишайников, обладающие высокой чувствительностью к загрязнению:



1 - *Evernia prunastri*; 2 - *Usnea florida*; 3 - *Ramalina farinacea*; 4 – *Peltigera aphthosa*

Виды лишайников, обладающие средней и низкой чувствительностью к загрязнению:



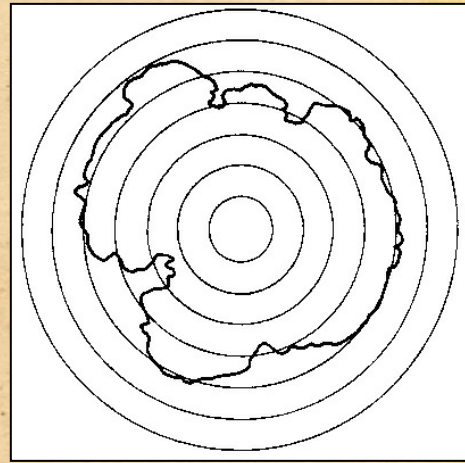
5 - *Letharia vulpina*;

6 - *Hypogymnia physodes*;

7 - *Lecanora conizaeoides*

Для биомониторинга степени загрязнения с помощью лишайников проводят измерение проективного покрытия (площади) талломов на пробных площадях. Для этого на ствол дерева на определенной высоте с четырех сторон накладывают сеточку (обычно, 10 x 10 см) и исследуют площадь, занимаемую лишайниками, а затем усредняют данные. Через определенный промежуток времени проводят повторные измерения проективного покрытия. По изменению как общего проективного покрытия, так и покрытия отдельных видов можно, используя шкалы чувствительности лишайников, судить о динамике загрязнения. Шкалы чувствительности (в баллах) - ранжированный ряд видов, выстроенный в соответствии с их чувствительностью к загрязнению.

*Ацетатная пленка с нанесенными с интервалом 5 мм концентрическими окружностями для измерения размеров талломов неправильной формы (Winchester, 1984).*



## Лишайники: прочие аспекты применения

Лишайники *Letharia vulpina* и *Vulpicida juniperinus* и близкие виды использовали в Северной Европе в качестве яда для волков и лисиц.

Действующее начало *Letharia vulpina* – вульпиновая к-та, токсичная для хищных зверей, насекомых и моллюсков, но не действующая на мышей и кроликов. Лишайник высушивали, делали порошок и смешивали с топленным маслом или жиром или наносили его на куски мяса.



*Letharia vulpina*



*Vulpicida juniperinus*

# Лишайники: прочие аспекты применения



*Cladonia stellaris*: в Европе использовали для украшения рождественских венков, в цветочных композициях и для создания макетов в архитектуре и декорирования могил на кладбищах. Для данных целей из Финляндии в середине XX в. экспортировали 2 – 3 тыс. тонн лишайника ежегодно (Richardson, 1988).

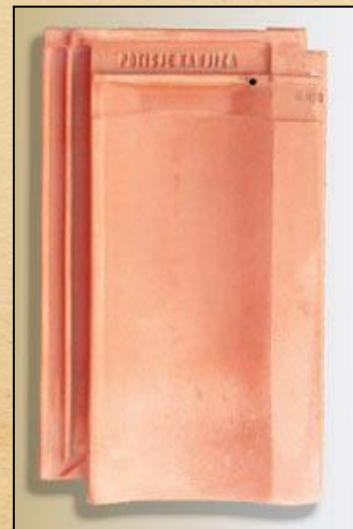


*Alectoria sarmentosa* – индейцы Канады применяли для украшения ритуальных масок, изготовления праздничных париков и пр. В этом же качестве использовались сходные виды с повислыми кустистыми талломами, напоминающими волосы или шерсть (Turner, 1979).

# Лишайники: роль в разрушении материалов и памятников архитектуры

В силу способности заселять любые, в т.ч., антропогенные субстраты и вызывать механическое и химическое выветривание, лишайники способны разрушать памятники архитектуры и различные материалы.

*Кровельная керамическая черепица спустя 8 лет эксплуатации. Слева – без лишайников (южный склон крыши), справа - с налетом из лишайников (из Kiurski et al., 2005)*



# Лишайники: роль в разрушении материалов и памятников архитектуры



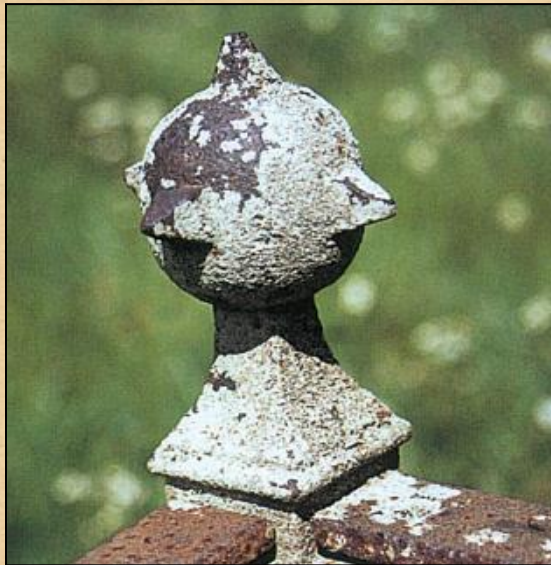
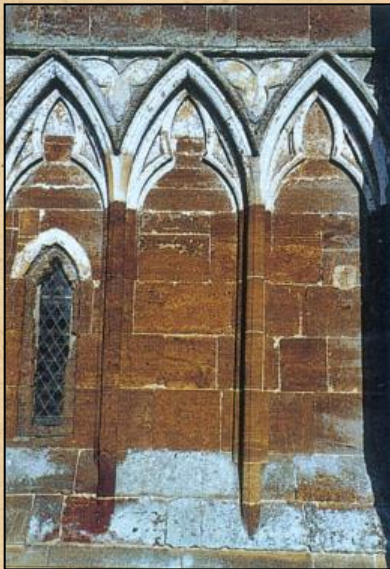
*Xanthoria parietina* – вид, развивающийся на каменистых субстратах и коре деревьев. Может заселять стекло, известны случаи повреждения средневековых витражей (Пчелкин, 2006).



*Dirina massiliensis*: лишайник активно выделяет оксалат кальция в месте контакта с субстратом. На фото справа – талломы на стене средневековой европейской церкви, выстроенной из известняка.



Иногда для предотвращения разрушения архитектурных памятников с лишайниками необходимо бороться химическим путем. Поверхность опрыскивают комплексными органическими соединениями (3-хлорфеноксипропанолом, пентахлорфенил лауратом, хинолятом меди), уничтожающими лишайники и предупреждающими их поселение на обработанном субстрате.



# Лишайники: отрицательное влияние на здоровье человека

- При массовом развитии лишайников их споры могут послужить причиной аллергических реакций .
- Аллергические реакции, вызываемые лишайниками у человека – «экзема лесорубов», контактный дерматит, поражающий садоводов и работников лесного хозяйства в Северной Америке. Его причиной являются лишайниковые кислоты (усниновая, эверниева и др.), выделяемые очень многими видами лишайников.
- Аллергию вызывают споры лишайников, попадая на одежду лесорубов, они могут вызывать аллергию у членов их семей, непосредственно не находившихся в лесу. Кроме того, атранорин и стиктовая к-та усиливают светочувствительность кожи, аллергия сильнее проявляется на свету.
- При употреблении лишайников в пищу необходимо тщательное удаление из талломов лишайниковых кислот путем их длительного вымачивания и кипячения со сменой воды, в противном случае возможны отравления.