



Санкт-Петербургская классическая гимназия № 610  
Лаборатория ботаники

**Гигроскопические движения и мозаичность лишайникового покрова на скалах  
в северном приладожье**

**Горелов Георгий, 642 гимназия, 7 кл**

**Научный руководитель И.В.Черепанов**

**Санкт-Петербург. 2018 год**

## Введение:

Ландшафты северного приладожья занимают особое место среди всего разнообразия природы региона. Здесь, вдоль береговой линии крупнейшего озера Европы, в сложном скальном рельефе можно наблюдать огромное разнообразие растений и растительных сообществ, своеобразную богатую фауну. Эти ландшафты являются местообитанием большого ряда редких и охраняемых видов животных и растений. Разнообразие лишайников поражает.

На скалах северного берега Ладожского озера постоянный почвенный покров есть не везде, что обусловлено особенностями скал, в связи с которыми вся вода, выпавшая осадками вымывает почву в случае, если та не закреплена лишайниками, первыми из растительного сообщества заполняющими данную экологическую нишу.

Лишайники играют в растительных сообществах прибрежных скальных ландшафтов поистине огромную роль. Они поражают своим изобилием и разнообразием, образуют почти сплошной узор пятен на открытых скалах, составляют основу напочвенного покрова в некоторых разновидностях лесов.



Рис. 1 Характерный узор лишайниковых пятен

Лишайниковый покров скал не является полностью единым и разделен

трещинами. Так называемые куртины лишайников - части общего скального покрова.

Данная работа посвящена оценке следующих гипотез относительно лишайникового покрова скальных лесов:

- В формировании характерной мозаичности лишайникового покрова большую роль играют процессы гигроскопических движений лишайниковых куртин
- Образующаяся мозаичность лишайникового ковра сказывается на строении травяно-кустарничкового яруса

## Литературный обзор.

Лишайниковые сосняки занимают очень большое место в растительном покрове Карелии, причём они могут развиваться как на скалах, так и на песчаных почвах. Скальные лишайниковые сосняки выделяются в отдельную ассоциацию (Кучеров и др. 2010), характерную участием эпилитных мхов и лишайников, относительно плохим ростом сосны и локальным заболачиванием на полках и карманах скального рельефа.

Для этих сообществ очень характерен напочвенный покров с преобладанием лишайников из р. *Cladonia* (*Cladina*) и участие таких видов, как седмичник европейский (*Trientalis europaea*), линнея северная (*Linnaea borealis*), луговик извилистый (*Avenella flexuosa*), марьянник луговой (*Melampyrum pratense*), золотарник обыкновенный (*Solidago virgaurea*). В ярусе кустарников обычны рябины (*Sorbus gorodkovii* на севере, *S. aucuparia* южнее), ива козья) *Salix caprea*, в мохово-лишайниковом — *Dicranum scorarium*, *Peltigera aphthosa* и (для большинства вариантов) *P. canina* s. l. (Кучеров и др. 2010),

Отмечается, что эти сообщества широко распространены на Европейском севере, и южные форпосты её встречаются на Карельском перешейке. В изучаемом районе это тоже одна из самых распространенных ассоциаций.

Изучение особенностей форм, образуемых при росте отдельными особями лишайников или целыми коврами — задача, которая уже привлекала к себе внимание исследователей. Интересно отметить, например, попытку моделирования формирования отдельных талломов накипных и листоватых лишайников с помощью компьютерных симуляций (Sumner, 2001) при исследовании рисунка лишайникового ковра изучалась связь характеристик мозаики с влажностью, причём выяснено, что более влажным местам соответствуют более крупные элементы мозаики (Kershaw, 2011) Существуют и другие работы, связывающие особенности лишайниковых куртин с особенностями микроклимата и окружающих растительных сообществ.

Хотя нам не удалось найти упоминаний о связи гигроскопических движений с структурой лишайниковых сообществ, сам по себе процесс поглощения и потери воды лишайником детально описывался неоднократно. Описание элементов биохимии и клеточной биологии этого процесса изложены у Honegger (Honegger, 2007), исследования скорости поглощения воды из осадков и из атмосферного воздуха, динамика высыхания подробно описана в монографии об экологии лишайников. В частности показано, что в условиях лишайниковых пустошей влажность талломов лишайников меняется закономерно в течение суток, достигая максимума в предутренние часы и сменяясь почти полным высыханием вскоре после полудня. ( Kershaw, 1985)

## Физико-географическое описание

Сбор материала для работы проходил на полуострове Кулхонниемеи (северный берег Ладожского озера) в июле 2018 года.

Котловина Ладожского озера это грабен – погружившийся крупный блок земной коры. В северной части Ладожского грабена (территория проектируемого нацп парка Ладожские шхеры) образовалась зона мелкоблокового дробления. В целом рельеф здесь сильно расчлененный (грядово-ложбинный), его характерной чертой являются узкие длинные гряды - сельги, сложенные кристаллическими породами разного состава, и разделяющие их долинообразные понижения с различными отложениями, иногда заболоченные, а также заливы, проливы, озера. На полуострове преобладают магматические и метаморфические породы — граниты, а чаще — гнейсы и амфиболиты разнообразного состава.

Крутизна отдельных склонов достигает 45–60°, имеется большое количество отвесных или почти отвесных скал, которые обычно приурочены к берегам. Колебания относительных высот очень резкие – 50-80 м.

Климат над Ладожским озером умеренный, переходный от умеренно-континентального к умеренно-морскому. Такой тип климата объясняется географическим положением и атмосферной циркуляцией характерной для Ленинградской области и сопредельных территорий. Из-за небольшого количества солнечного тепла влага испаряется медленно.

Преобладающие растительные сообщества полуострова Кулхонниемеи это скальные лишайниковые и зеленомошные сосняки, ельники - черничники, реже ельники - кисличники, встречаются молодые ельники мертвопокровные, вдоль ручьёв можно встретить ельники папоротниковые и гигрофильно-широкотравные. Распространены также сосняки черничники, сфагновые переходные болота, заболоченные леса, в некоторых разломах — участки черноольщаников и березняков. Многочисленны следы пожаров. Изучаемый нами лишайниковый покров наиболее широко представлен на вершинах сельг и на склонах, обращенных к Ладоге

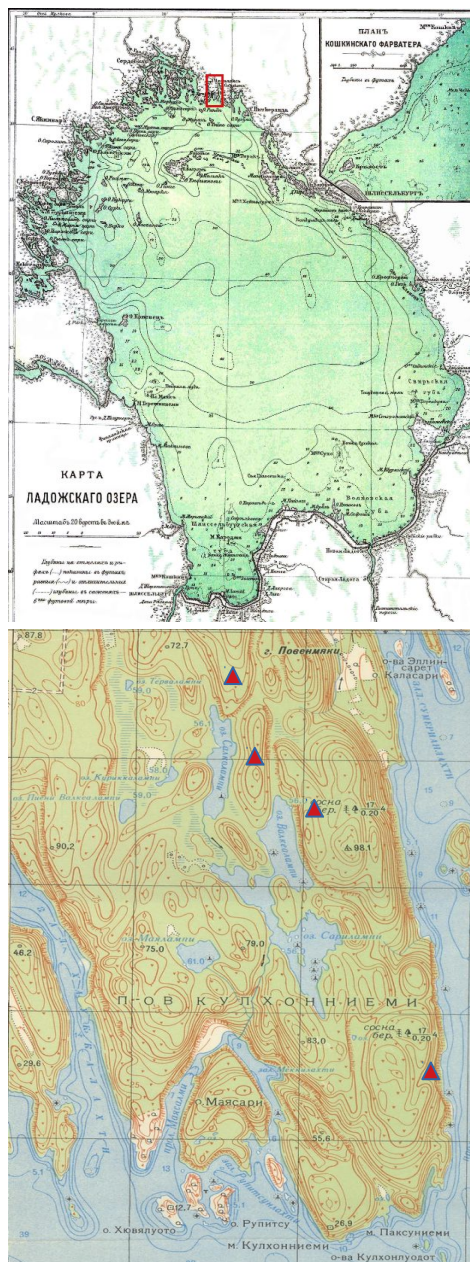


Рис. 3 места сбора материала

## **Материалы и методы.**

Для изучения данного явления мы проводили измерения на скалах и в лабораторных условиях. Там мы проводили гигроскопические измерения движения лишайников четырёх типов:

1.Проводили измерения увеличения и уменьшения определенных куртин в естественных условиях перед осадками и после них.

2.Проводили измерения на равных временных отрезках, когда они увеличивались при искусственном распылении воды.

3.Проводили измерения уменьшения размеров лишайников при высушивании, также на равных промежутках времени.

4.Следили за высыханием лишайников при разной влажности и температуре.

Для измерения размера трещин перед и после осадков использовали фотоматериалы, снятые в той местности на различных отрезках времени.

Проводили описания растительности и их анализ для определения оптимального места обитания сосудистых растений на скалах

## Результаты:

В полевых условиях нами многократно зарегистрированы мозаики из пятен лишайника, причём их взаимное расположение зачастую напоминало борозды растрескивания (например, так растрескивается при высыхании грязь в лужах). В одном из участков был проведён количественный учёт и измерения размеров лишайниковых пятен. Измерения в данном случае проводились в сухую погоду (рис.4).



Рис. 3 Характерный узор лишайниковых пятен

В этих куртинах доминировали 5 видов лишайников: *Cetraria islandica* (L.) Ach. , *Cladonia arbuscula* (Wallr.) Flot. , *C. rangiferina*, (L.) F. H. Wigg. *C. uncialis* (L.) F. H. Wigg и представитель рода *Stereocaulon* (в этой и близких местностях наиболее часто регистрировались *S. saxatile* H. Magn и *S. alpinum* Laurer.) (Альstrup, 2005) В примесях присутствовали также несколько видов бокальчатых кладоний. Они всегда присутствовали в небольших количествах и принадлежали к нескольким разным видам, их мы не определяли.



Рис. 4 Измерения и учёт лишайниковых пятен

Наиболее распространены на этом участке (терраса скального склона восточной экспозиции в южной части полуострова, склон к Ладогк) оказались куртины с доминированием *C. arbuscula*. В 13,5 % куртин она оказалась единственным видом, в 25 % к ней была зарегистрирована примесь других кладоний — *C. rangiferina* *C. uncialis*, а в одном случае — оба эти вида. Ещё в 12,5 % случаев она была примесью к какому-либо виду. Итого она зарегистрирована более чем в половине всех куртин, причём в большинстве случаев — как ведущий вид.

Практически так же распространены куртины *C. uncialis*. Чистые куртины он образует в 11,5% случаев, ещё чуть больше 25% составляют куртины, где к нему подмешиваются другие кладонины или *Stereocaulon* sp. Также эта кладония часто является примесью в куртинах *C. arbuscula*

Гораздо реже (чуть меньше 5%) составляют куртины *Cetraria islandica*. В одном случае к ней подмешивается *C. arbuscula*

*Stereocaulon* sp. в этом месте вообще не образовывал чистых куртин, но встречался в смеси с другими видами практически в 20% случаев.

Куртины имели весьма разные размеры (рис.5) Размеры куртин *C. uncialis* значительно отличаются по размеру от куртин *C. arbuscula*, а куртины *C. rangiferina* занимают промежуточное положение. Слишком малое количество куртин *Cetraria islandica* не даёт возможности оценить отличия от других видов. Разница в размерах может быть как результатом разной скорости роста лишайников, так и следствием разного поведения при высыхании (или обеих причин сразу)

Куртины лишайников иногда вытянуты в каком-либо направлении

Наибольшую вытянутость демонстрируют куртины *C. uncialis*, в среднем отношение длин осей 1,54. почти такое же значение (1,48) характерно для *C. arbuscula*, а у *C. rangiferina* этот показатель равен 1,23. Это среднее значение, но у каждого вида есть отдельные куртины, у которых это показателемного превышает 2. Куртины *Cetraria islandica* почти круглые (1,15) Интересно, что это параметр имеет многовершинное распределение. Распределения вытянутостей приведены на рис. 6

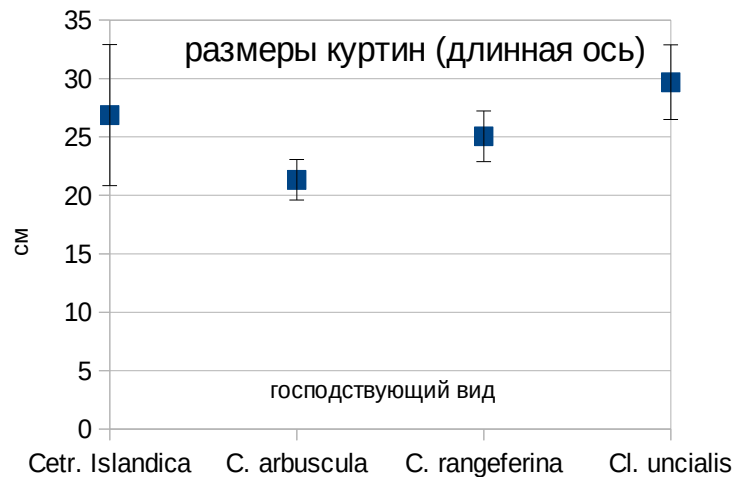


Рис. 5 размер куртин лишайников

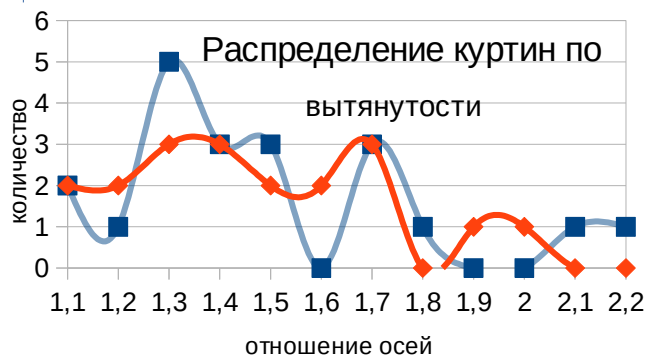


Рис. 6 вытянутость куртин лишайников

На рис. 7 те же данные даны в виде скаттер-диаграммы. Видно, что размеры по большей и меньшей полуоси коррелируют коэффициент корреляции Пирсона  $r = 0,74$ . В целом, размер куртин по большей стороне может колебаться от 7.4 до 52.9 сантиметров, а по меньшей от 4.4 до 35.7. Значения длин сторон в среднем  $25.68 \pm 11.56$  по большей и  $17.8 \pm 7.1$  по меньшей.

На этом же участке были учтены виды мохообразных, присутствующие в лишайниковых куртинах. Только в 48% случаев куртины содержат только лишайники, в остальных случаях есть и мхи. Здесь обнаружено 4 вида. В 34% процентах

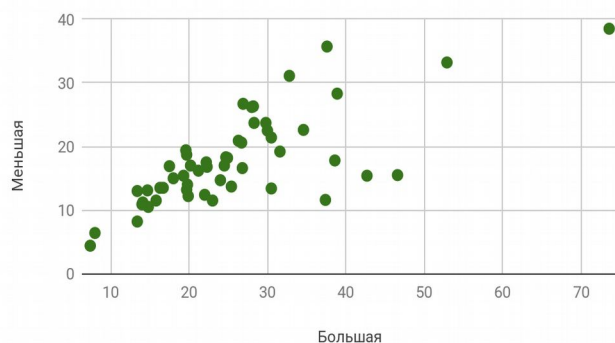


Рис. 5 размер куртин лишайников

случаев там содержится *Dicranum polysetum*, по 5.8% случаев приходится на *Po*

*lytrihum commune* или *Pleurozium Schreberi*, и только в 3.8% случаев там содержится *Polytrichum piliferum*. По результатам наблюдений лишь в 1 случае обнаружены сразу 2 вида.

Интересно, что большинство видов мхов, такие, как *Dicranum polysetum* как правило поселяются на внешних границах куртин, а *Polytrihum commune* часто формирует центр куртины.

С учётом предыдущих материалов мы установили, что трещины после осадков не закрываются полностью, что помогает воде вымывать почву. По итогам наблюдений мы установили, что наличие почвы в трещинах обуславливается только временем ее появления, со временем трещина увеличивается и, когда куртина перестаёт удерживать эту почву она со временем вымывается. Как видно из графика, большинство куртин разрывается в определённый момент, являющийся порогом возможного увеличения. Размер куртин по большей стороне может колебаться от 7.4 до 52.9 сантиметров, а по меньшей от 4.4 до 35.7. Значения длин сторон в среднем  $25.68 \pm 11.56$  по большей и  $17.8 \pm 7.1$  по меньшей. Причем коэффициент корреляции большей и меньшей стороны составляет 0.74

В других местах во время маршрутного обследования мы встречали куртины, у которых большая часть площади, иногда — кроме некоторой центральной части занята именно разными видами р. *Dicranum* (рис.8) Предположительно, в некоторых случаях лишайниковая мозаика может превратиться в такую вот моховую при продолжительном развитии дикрановых мхов по краям.

### Встречи мхов в куртинах лишайников

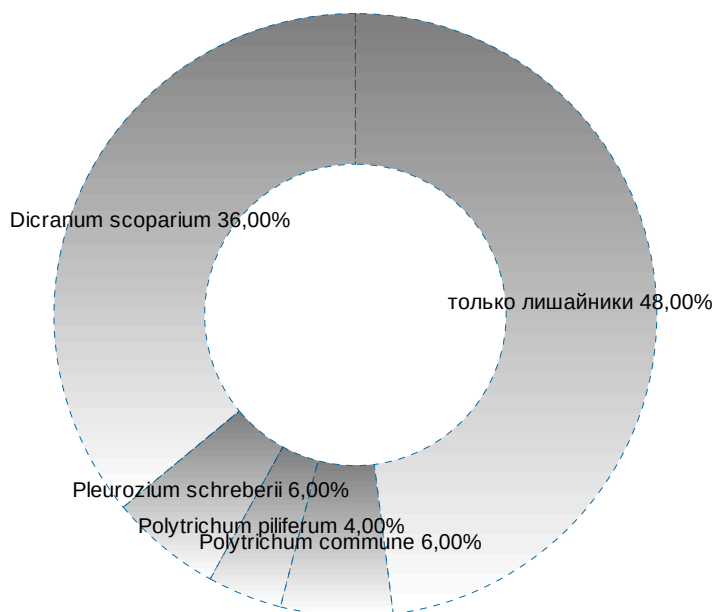


Рис. 7 мхи в куртинах лишайников



Рис. 8 Мозаика пятен мха с включениями лишайников

Изучение гигроскопических движений показало следующее (рис.8): В природных условиях в ясную погоду проводились наблюдения над гигроскопическими движениями при высушивании куртин *C. arbuscula*. На куртине помечались точки, и между ними измерялись попарные расстояния. После этого куртина полностью промачивалась, и далее через определенные промежутки времени проводились и

змерения. Исходные расстояния были от 10 до 30 см. Наблюдения над высушиванием проводились в ясную солнечную погоду. Как правило, через 20 минут после начала эксперимента наблюдалось значительное расширение — в среднем на  $13,6 \pm 1,73\%$ , через 35 минут —  $10,6 \pm 1,62\%$  через 45 минут  $8,3 \pm 2,51\%$ , через 1 час среднее растяжение всё ещё составляло  $6,9 \pm 2,65\%$ . Через 2 часа при солнечной жаркой погоде лишайники почти возвращались к прежнему размеру, хотя некоторые куртины ещё демонстрировали растяжение в 6% по отдельным направлениям

В камеральных условиях проводились эксперименты по высушиванию в контролируемых условиях, причём куртина регулярно взвешивалась, чтобы определить влажность. Следующие эксперименты шли при относительной вла

жности воздуха на протяжении опыта 37-42% и температуре  $23,2-24,1\text{C}^\circ$ . Результаты показаны на рис. 10 Интересно, что скорость высушивания варьирует у разных куртин. Некоторые достигают практически изначальной влажности (принятой за «0») за 4 часа, другие за это время теряют только половину воды.

В этих же контролируемых условиях определялись размеры куртин по нескольким направлениям Необходимо здесь отметить, что сжатие куртин при высыхании происходит, как выяснилось неоднородно и по разным направлениям в разной степени. Коэффициент

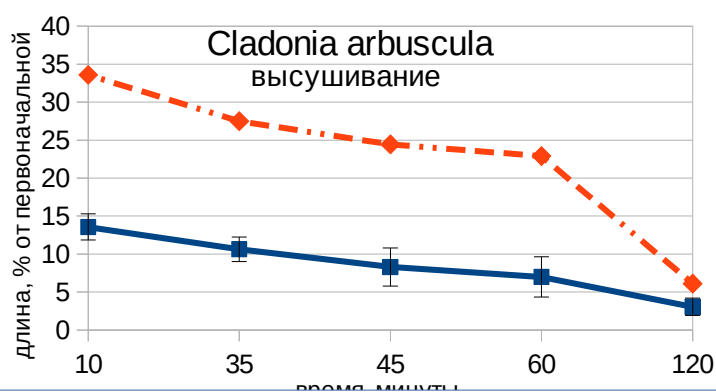


Рис. 9 изменение размеров намокших куртин при высушивании

### Cladonia arbuscula

#### Высушивание

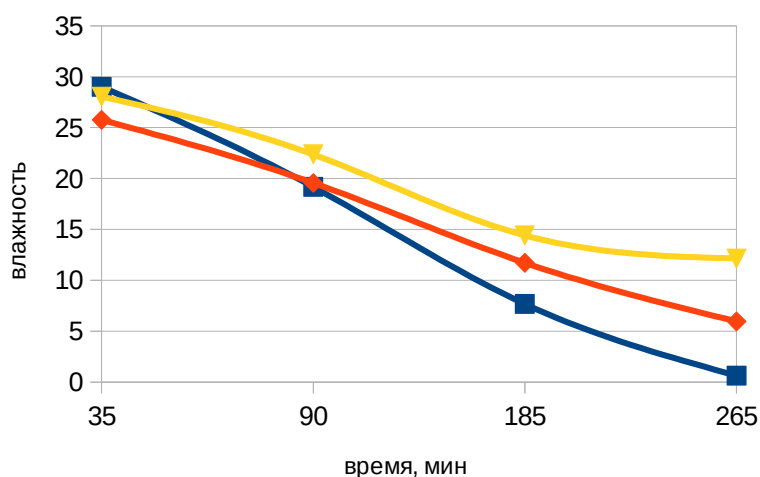
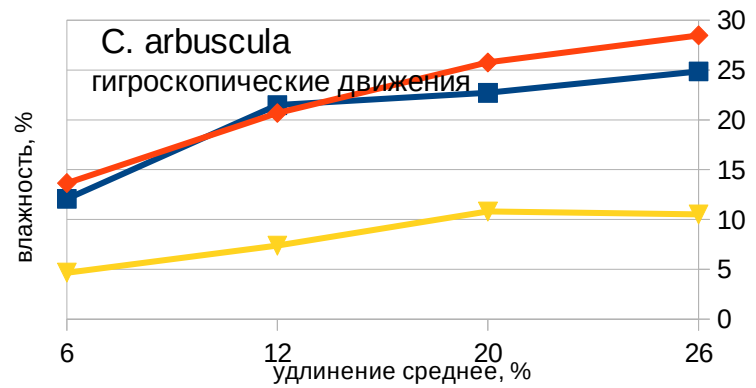


Рис. 10 изменение влажности куртин при высушивании

неоднородности (отношение максимального растяжения к минимальному) для разных куртин при разной влажности варьирует и составляет в среднем  $1,63 \pm 0,062$ , при этом встречаются значения от 1,35 до 1,98, то есть некоторые куртины в одном направлении расширяются вдвое сильнее, чем в другом.



Средние значения растяжений при разных влажностях для *C. arbuscula* показаны на рис. 11. Видно, что разные куртины одного и того же вида сильно различаются. Следует отметить, что даже при остаточной влажности 6% разные образцы сохраняют от 5 до 13 % избыточной длины. Это значит, что большая часть гигроскопических движений приходится на область малых влажностей и такие движения возможны не только в дождь, но и в связи с утренним повышением относительной влажности.

Измеренные в полевых условиях трещины имели очень разную ширину, варьируют очень



Рис. 12 Сосудистые растения в лишайниковых куртинах

сильно. Средняя ширина трещин равна  $3,7 \pm 3,45$  см. Это значит, что значительная часть трещин в дождь закрывается. Тем не менее, по-видимому, из любых трещин очень быстро вымывается, а в сухую погоду - выдувается почва. Таким образом, трещины и края куртин оказываются неудобным местом для поселения сосудистых растений. Их прорастание более вероятно в центральных частях.



Рис. 13 Сосудистые растения в лишайниковых куртинах

Мы регистрировали в куртинах различные сосудистые растения. Очень часто это всходы сосны и берёзы, луговик извилистый, овсяница овечья, иногда марьянник луговой, реже — молодые растения брусники и черники. При этом процветающий вид здесь имеют как правило злаки и, иногда, всходы хвойных (см. рис. 12, 13)

Остаётся недостаточно изученным вопрос о полном видовом составе растений, прорастающих в куртинах, а также вопрос их выживания в течение длительного времени, так же, как и судьба куртин на длинных промежутках времени.

## **Выводы**

- 1) Встречаются как одновидовые, так и многовидовые куртины лишайников. К ним примешиваются некоторые виды мхов
- 2) Размеры куртин у некоторых видов лишайников достоверно различаются
- 3) Лишайниковым куртинам свойственно значительное гигроскопическое расширение. В некоторых случаях — до 30% размера по определённым направлениям
- 4) При высушивании в естественных условиях скорость гигроскопических движений может достигать 10-15% длины в час.
- 5) Гигроскопичные движения могут различаться по разным направлениям, причём иногда даже вдвое
- 6) гигроскопичные движения неоднородны во времени. Большая часть деформации связана с небольшими влажностями. Поэтому эти движения активны и в ясную погоду — при утренних скачках влажности
- 7) Сеть разнообразных трещин между лишайниками в результате гигроскопических движений частично закрывается. В трещинах вымывается и выдувается почва
- 8) центральные части трещин более благоприятны для поселения растений на скалах.

## Список литературы.

1. Альstrup В., Заварзин А. А, Коцоуркова Я, Кравченко А. В., Фадеева М. А., Шифельбайн У., Лишайники и лишенофильные грибы, обнаруженные в Северном Приладожье (Республика Карелия) в ходе международной полевой экскурсии в августе 2004 г., предшествующей Пятому конгрессу Международной Лихонологической Ассоциации: Предварительный отчет Биогеография Карелии. Труды КарНЦ РАН. Серия "Биология". Выпуск 7. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2005. С. 3-16
2. Кравченко А.В. Национальный парк "Ладожские шхеры" предложения по созданию. Петрозаводск, 2001
3. Кучеров И.Б., Головина Е. О., Гимельбрант Д. Е., Чепинога В. В. Лишайниковые и лишайниково-зеленомошные леса и редколесья Керетского Беломорья Вестник СПбГУ. Сер. 3, 2010, вып. 1
4. (Honegger, R Water relations in lichens n book: Fungi in the environment, Publisher: Cambridge University Press, Editors: G.M. Gadd, S.C. Watkinson, P. Dyer,? 2007 pp.185- 200)
5. Kershaw K A Physiological Ecology of Lichens Camb Un Pr, 1985, Pp. 293
6. Kershaw K A Studies on lichen dominated systems. II. The growth pattern of *Cladonia alpestris* and *Cladonia rangiferina* Canadian Journal of Botany 49(8):1401-1410 · January 2011
7. Sumner R W Formation in Lichen (Department of Electrical Engineering and Computer Science, degree of Master of Science paper, 2001;  
[http://groups.csail.mit.edu/graphics/pubs/thesis\\_sumner.pdf](http://groups.csail.mit.edu/graphics/pubs/thesis_sumner.pdf)