

Издатель

ФГБОУ ВО «Петрозаводский государственный университет»
Российская Федерация, г.Петрозаводск, пр.Ленина,33

Научный электронный журнал

ПРИНЦИПЫ ЭКОЛОГИИ

<http://ecopri.ru>

№ 1 (35). Март, 2020

Главный редактор

А. В. Коросов

Редакционный совет

В. Н. Большаков
А. В. Воронин
Э. В. Ивантер
Н. Н. Немова
Г. С. Розенберг
А. Ф. Титов

Редакционная коллегия

Г. С. Антипина
В. В. Вапиров
А. Е. Веселов
Т. О. Волкова
Е. П. Иешко
В. А. Илюха
Н. М. Калинкина
А. М. Макаров
А. Ю. Мейгал
В. К. Шитиков
В. Н. Якимов
A. Gugotek B.
J. B. Jakovlev
R. Krasnov
J. P. Kurhinen

Службы поддержки

А. А. Зорина
А. Г. Марахтанов
Е. В. Голубев
С. Л. Смирнова
Н. Д. Чернышева
М. Л. Киреева

ISSN 2304-6465

Адрес редакции

185910, Республика Карелия, г.Петрозаводск, пр. Ленина, 33. Каб. 453

E-mail: ecopri@psu.karelia.ru

<http://ecopri.ru>





УДК 581.5

РОСТ И ОЦЕНКА ВОЗРАСТА ЭПИЛИТНОГО ЛИШАЙНИКА *PROTOPARMELIOPSIS MURALIS* (SCHREB.) M. CHOISY В ЮЖНОЙ КАРЕЛИИ

КУРБАТОВ

Аркадий Андреевич

Петрозаводский государственный университет, г. Петрозаводск,
пр. Ленина, 33, arkadiy1416@gmail.com

СОНИНА

Анжелла Валерьевна

доктор биологических наук, профессор, Петрозаводский
государственный университет, г. Петрозаводск, пр. Ленина, 33,
angella_sonina@mail.ru

Ключевые слова:

эпилитные лишайники
Protoparmeliopsis muralis
площадь таллома
годовой прирост
модель роста
возраст таллома
продолжительность жизни

Аннотация: В работе представлены результаты изучения особенностей роста и оценки возраста талломов эпилитного лишайника *Protoparmeliopsis muralis* (Schreb.) M. Choisy на прибрежных диабазовых скалах реки Суны (ГПЗ «Кивач») в таежной зоне Республики Карелия. Проанализированы размеры (площадь талломов) и приросты 17 талломов данного вида за 11-летний период (2007–2018 гг.). Размеры талломов находились в пределах 1.17...26.39 см². В исследуемом диапазоне размеров наблюдался только линейный рост. Отмечено значительное варьирование скорости роста исследуемых талломов в данных условиях – 0.20...1.50 см² в год, обусловленное индивидуальными особенностями талломов, внутривидовой и межвидовой конкуренцией, а также условиями среды. Оценена продолжительность роста талломов в исследуемом диапазоне размеров – 6...23 года.

© Петрозаводский государственный университет

Рецензент: А. Г. Цуриков

Получена: 16 Октября 2019 года

Подписана к печати: 18 марта 2020 года

Введение

Скорость роста и продолжительность жизни лишайников зависят от генетических особенностей конкретного вида и от характеристик места обитания, в особенности: климатических условий, химического состава субстрата и физических свойств субстрата (Викторов, 1956; 1960; Домбровская, 1963; Innes, 1985; Галанин, 1997). Работы по изучению роста разных экологических групп лишайников активно проводятся с середины XX столетия. За этот период в работах ряда авторов (Platt, Amsler, 1955; Beschel, 1960; Armstrong, 1974) выделяются фазы роста эпилитных лишайников (Armstrong, 1974): 1) долинейная (прирост с возрастом нарастает в логарифмической прогрессии);

2) линейная (ежегодный прирост постоянный); 3) постлинейная (ежегодный прирост постепенно уменьшается).

Самая медленная скорость роста отмечена у накипных лишайников и составляет 0.01...0.70 мм/год (Andrews, Weber, 1964; Турманина, 1979). В связи с этим, по оценкам исследователей, накипные эпилитные лишайники могут иметь значительно большую продолжительность жизни по сравнению с другими биоморфами лишайников или другими организмами. Так, в циркумполярных и высокогорных областях продолжительность жизни накипных жизненных форм лишайников может достигать нескольких тысяч лет (Beschel, 1957; Reger, Pewe, 1969; Calkin, Ellis, 1980). Возраст отдельных талломов ли-

шайника *Rizocarpon geographicum* (L.) DC. в полярных районах составляет 4000...4500 лет (Beschel, 1960), по другим данным, 8500...9000 лет (Denton, Karlen, 1973; Miller, Andrews, 1972). В умеренной зоне средняя продолжительность жизни накипных видов лишайников значительно ниже — 500...600 лет (Галанин, Глушкова, 2003; Галанин, 2012).

Изучение особенностей роста и определение возраста эпилитных лишайников являются актуальными и недостаточно изученными вопросами в лихенологии. Большой интерес представляет практическое применение знаний о росте эпилитных лишайников, в частности, в лихенометрическом датировании археологических и геологических объектов с помощью видов лишайников, обладающих большой продолжительностью жизни (например, *Rhizocarpon geograficum*). Метод лихенометрического датирования обладает технической простотой и низкой стоимостью. Однако для его применения нужно проводить подбор лишайников-индикаторов, изучать рост вида-индикатора в конкретных физико-климатических условиях и решать методические проблемы точности и воспроизводимости датировок (Галанин, Глушкова, 2003).

О росте эпилитных лишайников для территории Карелии нет данных. Поэтому основной целью настоящего исследования является изучение особенностей роста эпилитных лишайников в условиях Карелии на примере вида *Protoparmeliopsis muralis* (Schreb.) M. Choisy и оценка возраста талломов. Также на основании проведенного исследования роста *Protoparmeliopsis muralis* оценена возможность использования вида в лихенометрическом датировании.

Материалы

Protoparmeliopsis muralis является облигатным эпилитом, характеризуется плагиотропным типом роста, имеет радиальный таллом, который относится к классу накипных диморфных: центральная часть представлена чешуйчатым морфотипом, а краевая часть — лопастным (Purvis et al., 1992).

Исследование проводилось на территории Государственного природного заповедника «Кивач» (Кондопожский район, Республика Карелия) в условиях среднетаежной подзоны. Изучение роста вида выполнено на мониторинговой площадке, заложенной

в 2007 г. для изучения роста нескольких видов эпилитных лишайников, на диабазовых скальных выходах в условиях супралиторали побережья реки Суны. Исследованный участок не подвергается прямому воздействию со стороны реки (рис. 1).

В течение 11 лет (2007, 2008, 2011, 2012, 2013 2017 и 2018 гг.) исследовался рост 17 талломов *Protoparmeliopsis muralis*. За период исследования проведено 117 измерений площадей талломов и получено 57 значений годовых приростов.

Методы

Для изучения роста талломов был использован метод картирования (Фадеева, Сониная, 2000, 2001). В полевых условиях в сухую солнечную погоду (не менее трех солнечных дней до момента измерения) на прозрачную полиэтиленовую пленку обводились контуры талломов с использованием лупы (х7-кратное увеличение). В лабораторных условиях контуры сканировались вместе с линейкой, по шкале линейки проводилось масштабирование и измерение площади талломов в программе Autocad. В качестве индекса возраста таллома использован показатель — площадь таллома (см²). Для создания моделей роста *Protoparmeliopsis muralis* применен регрессионный анализ в среде Excel (Ивантер, Коросов, 2003). Возраст талломов оценивался по моделям роста.

Результаты

У исследуемых талломов *Protoparmeliopsis muralis* площадь варьирует от 1 до 26 см², годовые приросты изменяются в диапазоне от 0.04 до 1.39 см². Распределение размеров талломов имеет резкую правостороннюю асимметрию (коэффициент асимметрии — $A = 0.818$, ошибки коэффициента асимметрии — $mA = 0.224$, фактический и теоретический коэффициенты Стьюдента — $TA = 3.66 > T_{табл.} = 1.96$). Наибольшая доля вариант (35 %^{табл.}) сосредоточена в первом классе вариационного ряда (1...4 см²). Основная масса вариант (74 %) находится в первых 3 классах (1...12 см²), в остальных соответственно — 26 % вариант. Заметный провал частот наблюдается в 6-м и 7-м классах вариационного ряда площадей талломов, в которые попали талломы максимальных размеров с площадью 21...26 см² — 4 % талломов (табл. 1).



Рис. 1. Мониторинговая площадка изучения роста *Protoparmeliopsis muralis*
Fig. 1. Monitoring plot for study of growth of *Protoparmeliopsis muralis*

Таблица 1. Распределение площадей талломов *Protoparmeliopsis muralis*, см²
Table 1. Distribution of areas of thallii *Protoparmeliopsis muralis*, cm²

Классы	Классовые интервалы, см ²	Центр класса, см ²	Частота, талломов	Доля, %	Накопленные доли, %
1	1...4	2.50	41	35.04	35.04
2	5...8	6.50	26	22.22	57.26
3	9...12	10.50	19	16.24	73.50
4	13...16	14.50	15	12.82	86.32
5	17...20	18.50	12	10.26	96.58
6	21...24	22.50	2	1.71	98.29
7	25...28	26.50	2	1.71	100.00

При логарифмировании значений площадей талломов *Protoparmeliopsis muralis* распределение становится нормальным, это свидетельствует о том, что размеры талломов имеют логнормальное распределение (критерий Колмогорова – Смирнова $\lambda = 0.63 < 1.36_{(\alpha = 0.05)}$). Вероятность появления значе-

ний в интервале 1.17...26.39 см² для логнормального распределения составляет 94 %. Мода, медиана и среднее арифметическое (табл. 2), рассчитанные для логнормального распределения, хорошо описывают фактическое распределение признака, представленное в табл. 1.

Таблица 2. Площадь талломов *Protoparmeliopsis muralis*, см²
Table 2. Area of thallii *Protoparmeliopsis muralis*, cm²

Min	Max	n	Mo	Me	μ	S ²
1.17	26.39	117	3.61	6.78	9.29	75.64

Примечание. Min – минимальное значение; Max – максимальное значение; n – количество вариант; Mo – мода; Me – медиана; μ – математическое ожидание; S² – дисперсия.

Распределение годовых приростов талломов также имеет резкую правостороннюю асимметрию и значительно отличается от нормального распределения (коэффициент асимметрии – $A = 0.653$, ошибки коэффициента асимметрии – $mA = 0.316$, фактический и теоретический коэффициенты Стьюдента – $TA = 2.065 > T(0.05, \infty) = 1.96$). Наибольшая частота и доля признака смещены влево и находятся во 2-м классе вариационного ряда (0.25...0.45 см² в год, 28 %).

Основная масса вариантов (68 %) находится в диапазоне первых трех классов (0.04...0.66 см² в год). В остальных классах (4...7) сосредоточено 32 % вариантов, имеющих значения в пределах 0.67...1.39 см² (табл. 3). Логарифмирование годовых приростов также при-

водит к логнормальному распределению (критерий Колмогорова – Смирнова $\lambda = 0.28 < 1.36_{(\alpha = 0.05)}$). С вероятностью 93 % годовые приросты будут находиться в интервале 0.14...1.39 см² в год. Мода, медиана, среднее, дисперсия, стандартное отклонение (табл. 4), рассчитанные для логнормального распределения годовых приростов, хорошо описывают фактическое распределение признака, представленное в табл. 3. Годовые приросты в диапазоне 0.04...0.10 см² (7 значений) находятся в пределах погрешности измерения контуров талломов (0.1 см²), также эти значения значительно ниже модельных скоростей роста талломов (рис. 4) и в расчете статистик логнормального распределения не учитывались.

Таблица 3. Распределение годовых приростов *Protoparmeliopsis muralis*, см² в год
Table 3. Distribution of annual growth of thallii *Protoparmeliopsis muralis*, cm² per year

Классы	Классовые интервалы, см ²	Центр класса, см ²	Частота, талломов	Доля, %	Накопленные доли, %
1	0.04...0.24	0.14	12	21.05	21.05
2	0.25...0.45	0.35	16	28.07	49.12
3	0.46...0.66	0.56	11	19.30	68.42
4	0.67...0.87	0.77	5	8.77	77.19
5	0.88...1.08	0.98	5	8.77	85.96
6	1.09...1.29	1.19	6	10.53	96.49
7	1.30...1.50	1.40	2	3.51	100.00

Таблица 4. Годовые приросты талломов *Protoparmeliopsis muralis*, см² в год
Table 4. Annual growth of thallii *Protoparmeliopsis muralis*, cm² per year

Min	Max	Mo	Me	μ	S ²	n
0.14	1.39	0.35	0.52	0.63	0.18	50

На основании данных об изменении размеров талломов по годам созданы модели роста каждого таллома за период исследования (11 лет). На рис. 2 представлены модели роста некоторых исследуемых талломов. У всех талломов в диапазоне размеров 1...26 см² зафиксирован линейный рост, мо-

дели обладают высокими коэффициентами аппроксимации.

Так как талломы данного вида растут линейно, то и скорость роста талломов в моделях постоянна, что отражено горизонтальными линиями на рис. 3. Скорость роста варьирует в пределах 0.20...1.50 см² в год.

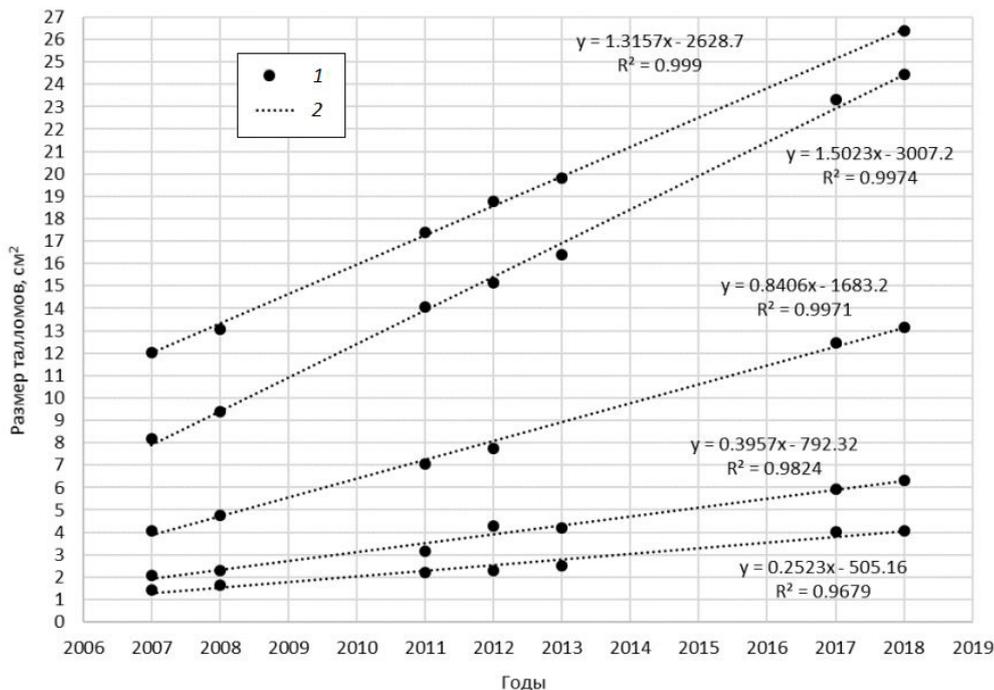


Рис. 2. Рост талломов *Prototarmeliopsis muralis* за период исследования: 1 – эмпирические данные, 2 – линейный тренд, R^2 – коэффициент аппроксимации

Fig. 2. Growth of *Prototarmeliopsis muralis* over the study period: 1 – empirical data, 2 – linear trend, R^2 – coefficient of approximation

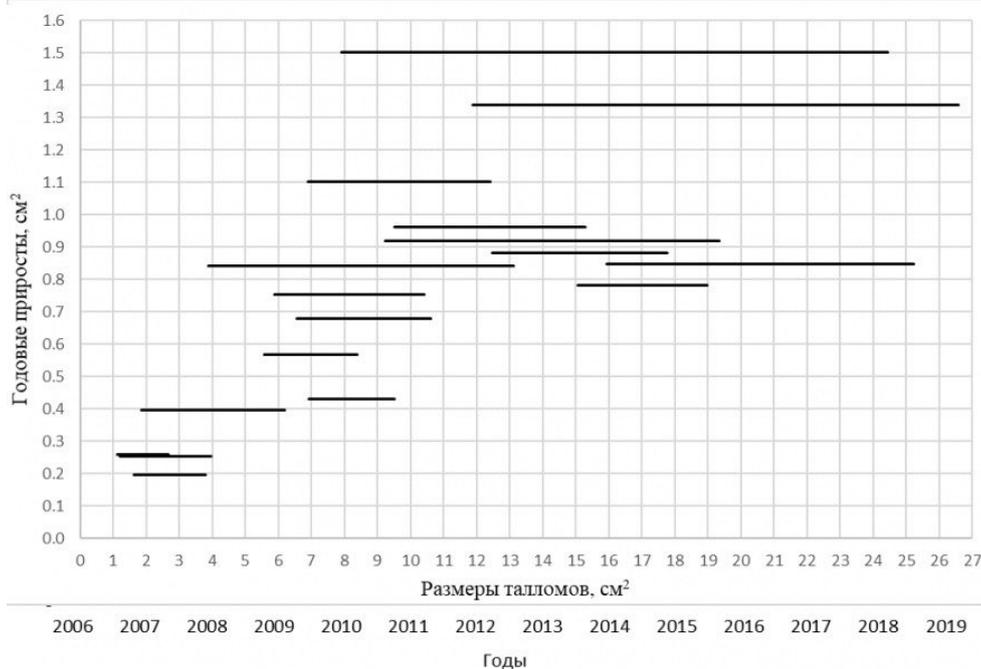


Рис. 3. Скорость роста *Prototarmeliopsis muralis*, см² в год
Fig. 3. Growth rate of *Prototarmeliopsis muralis*, cm² per year

Учитывая, что выявленный линейный рост *Protoparmeliopsis muralis* зафиксирован для талломов в интервале 1...26 см², модели, оценивающие продолжительность линей-

ного роста (рис. 4), построены с учетом этого диапазона. Продолжительность линейного роста в моделях составляет 6...23 года.

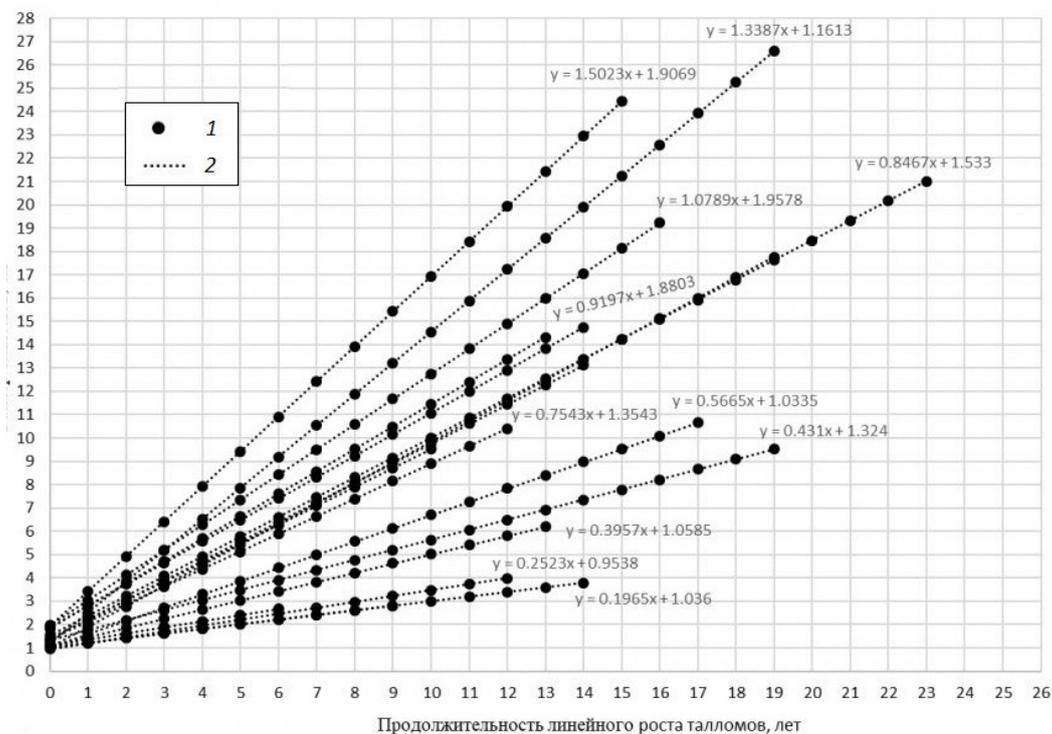


Рис. 4. Оценка времени роста талломов в диапазоне размеров 1...26 см²: 1 – модельные значения, 2 – линейный тренд

Fig. 4. Estimation of growth time of the *Protoparmeliopsis muralis* in the size range 1...26 cm²: 1 – model values, 2 – linear trend

Распределение продолжительности роста в выборке можно считать нормальным ($A = 0.07$, $m_A = 0.55$, $TA = 0.12 < T_{табл.} = 1.96$), эксцесс значимо от нормального не отличается ($E = 0.19$, $mE = 1.06$, $TE = 0.12 < T_{табл.} = 1.96$).

Большая часть исследуемых талломов находится в 3-м классе вариационного ряда (35.29 %) и имеет продолжительность роста 14...17 лет (табл. 5).

Таблица 5. Распределение продолжительности линейного роста *Protoparmeliopsis muralis*
Table 5. Distribution of linear growth duration of the *Protoparmeliopsis muralis*

Классы	Классовые интервалы, см ²	Частота, талломов	Доля, %	Накопленные доли, %
1	6...9	2	11.76	11.76
2	10...13	5	29.41	41.18
3	14...17	6	35.29	76.47
4	18...21	3	17.65	94.12
5	22...25	1	5.88	100.00

Средняя продолжительность роста талломов составляет 14 лет (табл. 6), доверительный интервал средней составляет 12.25...16.57 года ($P = 0.95$, $\alpha = 0.05$, $df = 16$).

Таблица 6. Продолжительность линейного роста *Protoparmeliopsis muralis*
Table 6. Linear growth duration of *Protoparmeliopsis muralis*

Min	Max	M	mM	S	mS	CV	n
6	23	14.41	1.02	4.20	0.72	29.14	17

Примечание. M – средняя арифметическая, S – стандартное отклонение, mM – ошибка средней арифметической, mS – ошибка стандартного отклонения, CV – коэффициент вариации.

Время роста распределяется по нормальному закону, это позволяет прогнозировать максимальную продолжительность роста *Protoparmeliopsis muralis* в заданном диапазоне размеров с помощью интервальной оценки. Так, в соответствии с правилом 3 сигм (для нормального распределения) признак редко отклоняется от среднего значения больше чем на 3 стандартных отклонения. При доверительной вероятности $P = 0.999$, уровне значимости $\alpha = 0.001$, числе степеней свободы $df = 16$, 99.9 % талломов будет находиться в интервале $M \pm 4.015 \cdot S$, при этом можно ожидать появление максимального времени роста 29 лет.

Обсуждение

Полученные в ходе исследования данные о росте в пределах небольшого скального фрагмента свидетельствуют о большом разбросе значений размеров талломов (от 1 до 26 см²) и их модельных приростов (от 0.2 до 1.50 см²). Скорость роста талломов *Protoparmeliopsis muralis* в полученных моделях отличается в 7.5 раза. Можно предположить, что максимальные размеры в ценопопуляции будут иметь талломы, обладающие высокой скоростью роста, талломы с низкой скоростью роста должны иметь меньшие размеры в силу ограниченной продолжительности жизни организмов. Поэтому самый большой таллом в выборке не обязательно будет самым старым, а значительно различающиеся талломы по размерам в выборке могут иметь примерно одинаковый возраст. Например, в моделях продолжительность линейного роста самого большого таллома, достигшего 26 см², имеющего скорость роста 1.34 см² в год, составляет 19 лет, а таллома, достигшего 21 см² и имеющего скорость роста 0.85 см² в год, 23 года, и он является самым старым в выборке. Это отмечается и в литературе, например, в исследованиях М. Бешеля (Beschel, 1960) указывается, что размеры талло-

мов *Rizocarpon geographicum* в возрасте 100 лет (лишайниковый фактор) варьируют от 2 до 45 мм (приросты 0.02...0.60 мм/г) в зависимости от экологических условий.

Выявленное резко правосторонне асимметричное распределения размеров талломов (площадей) в вариационном ряду у *Protoparmeliopsis muralis* согласуется с данными по размерам талломов (измеренные поперечники) для эпилитных видов *Caloplaca* sp., *Xanthoria* sp. (Галанина, 2011), такое же распределение указывается и для листоватых эпифитных лишайников *Lobaria pulmonaria* (L.) Hoffm (Михайлова, 2005) и *Physconia detersa* (Nyl.) Poelt. (Галанина, 2011). По данным литературы, распределения размеров талломов могут отражать стадии развития локальной популяции эпилитных лишайников. Распределения значений признака, близкие к нормальному, указывают на то, что колонизация поверхности субстрата закончилась. Распределения с модой в области минимальных значений свидетельствуют о том, что колонизация поверхности продолжается, маленькие подседающиеся талломы увеличивают частоты их встречаемости в области минимальных значений, вызывая правую асимметрию распределения, или что старые талломы в результате конкуренции разрушаются. Распределения с правосторонней асимметрией свидетельствуют об уменьшении количества молодых талломов в ценопопуляции (Farrar, 1974).

Кроме того, по типу распределения можно предсказать размах признаков, например размеров талломов, их годовых приростов и продолжительности роста, и отбраковывать аномальные максимальные и минимальные значения этих параметров из выборки. Вероятность появления значений в интервале площадей талломов 1.17...26.39 см² для логнормального распределения составляет 94 %, с вероятностью 93 % годовые приросты будут находиться в интервале 0.14...1.39

см² в год. Так, полученные фактические максимальные значения размеров и годовых приростов *Protoparmeliopsis muralis* не превышают вероятности 95 %, это может свидетельствовать о том, что для ценопопуляции в данных условиях зафиксированные максимальные значения не являются аномально высокими.

У эпилитного лишайника *Protoparmeliopsis muralis* в размерном ряду талломов от 1 до 26 см² за 11-летний период наблюдения выявлен только линейный рост. Ряд авторов вслед за М. Бешелем (Beschel, 1960) выделяют долинейную фазу роста, в которой у талломов постепенно увеличиваются годовые приросты, и постлинейную, в которой по мере старения таллома годовые приросты снижаются (Platt, Amsler, 1955; Beschel, 1960; Armstrong, 1974).

Существуют данные, что долинейная фаза роста может протекать наиболее быстро по сравнению с другими фазами роста, к примеру, у лишайников рода *Rizocarpon* она завершается, когда талломы еще имеют микроскопические размеры (Innes, 1985). Линейная и постлинейная фазы роста сильно отличаются по продолжительности в зависимости от биологических особенностей вида лишайника и условий окружающей среды. По мере старения лишайника скорость его роста замедляется, может снижаться до минимальных значений или останавливаться (Галанин, Глушкова, 2003). По достижении максимальных размеров, характерных для особи, отдельные участки талломов начинают разрушаться. Разрушения талломов также происходят вследствие влияния популяционно-ценотических и сукцессионных факторов (например, при контакте с более конкурентоспособными видами), выветривании и разрушении поверхности субстрата (Галанин, 2001).

Долинейная фаза роста может происходить у талломов *Protoparmeliopsis muralis* на начальных этапах онтогенеза, когда размеры таллома менее 1 см². Учитывая сравнительно небольшую продолжительность жизни данного вида, можно предположить, что остановка роста талломов может происходить достаточно быстро, как и полное разрушение талломов, некоторые талломы полностью разрушались в течение года между наблюдениями.

Растущие талломы *Protoparmeliopsis muralis* могут частично разрушаться, подвергаясь воздействию как абиотических факторов (например, образование ледя-

ной корки, сход снега и льда на реке), так и биотических в силу конкурентной борьбы с другими видами лишайников. Чаще всего разрушению подвержены краевые части талломов, имеющие лопастное строение. Лопастные участки талломов неплотно связаны с субстратом и более подвержены разрушению, чем центральная чешуйчатая часть. В дальнейшем разрушенные участки могут восстанавливаться. У талломов, близких к своим максимальным размерам и возрасту, кроме разрушения краевых частей часто отмечалось начало разрушения таллома в центральной части.

Учитывая проведенный анализ роста всех талломов вида *Protoparmeliopsis muralis* в диапазоне от 1 до 26 см² в прибрежном эпилитном сообществе на отдельном фрагменте скалы, можно предположить, что большую часть жизни талломы растут линейно. Реальный возраст талломов несколько больше оцененной продолжительности линейного роста на то время, которое необходимо², и время от остановки роста талломов до полного его разрушения. Предположительно продолжительность начального роста и время до полного разрушения талломов должны быть меньше зафиксированного линейного роста талломов.

Полученные данные свидетельствуют о небольшой продолжительности жизни вида в условиях Карелии и невозможности использования данного вида в лихенометрическом датировании.

Заключение

В настоящем исследовании впервые получены данные о росте эпилитного лишайника *Protoparmeliopsis muralis*, обитающего на приречных скалах в условиях таежной зоны Карелии. На протяжении исследования размеры талломов находились в диапазоне 1...26 см². В пределах зафиксированных размеров талломов отмечен только линейный рост. Модельные скорости роста талломов варьируют от 0.2 до 1.50 см². Долинейная и постлинейная фазы роста нами не были выявлены. Оцененная по моделям продолжительность линейного роста составляет 6...23 года. Реальный возраст талломов несколько больше полученной продолжительности линейного роста на неучтенное в моделях время, необходимое для развития талломов от микроскопических размеров до 1 см², и время от остановки роста до разрушения талломов. В связи с небольшой продолжительностью жизни на прибрежных скалах в

эпилитных синузиях вид непригоден для лихенометрического датирования скальных субстратов в данном регионе.

Библиография

- Викторов С. В. Лишайники как индикаторы литологических и геохимических условий в пустыне // Вестник Московского университета. Сер.: Биология. 1956. № 5. С. 115–119.
- Викторов С. В. Лишайники пустыни Устюрт и их связь с некоторыми свойствами почв и горных пород // Вопросы индикационной геоботаники. М., 1960. С. 53–60.
- Галанин А. А. Лихенометрические кривые роста *Rhizocarpon* sp. в горах Северо-Востока Азии и Северной Америки // Проблемы геологии и металлогении Северо-Востока Азии на рубеже тысячелетий: четвертичная геология, геоморфология, россыпи. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2001. С. 11–14.
- Галанин А. А. Лихенометрический метод в изучении современных геоморфологических процессов на Северо-Востоке России : Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Владивосток: ТИГ ДВО РАН, 1997. 21 с.
- Галанин А. А. Лихенометрический метод изучения криогенных процессов // Наука и техника в Якутии. 2012. № 1. С. 8–15.
- Галанин А. А., Глушкова О. Ю. Лихенометрия // Вестник РФФИ. 2003. № 3. С. 3–38.
- Галанина И. А. К вопросу о скорости роста лишайников-эпилитов на юге Приморского края // Структура и динамика экосистем Сибири и Дальнего Востока: Сб. науч. ст. Находка: Институт технологии и бизнеса, 2011. С. 130–143.
- Домбровская А. В. Влияние некоторых экологических факторов на распределение и рост кустистых и листоватых лишайников в Хибинах // Ботанический журнал. 1963. Т. 48. № 5. С. 742–748.
- Михайлова И. Н. Анализ субпопуляционных структур эпилитных лишайников (на примере *Lobaria pulmonaria* (L.)) // Вестник Нижегородского университета им. Н. И. Лобачевского. Сер.: Биология. 2005. № 1. С. 124–134.
- Ивантер Э. В., Коросов А. В. Введение в количественную биологию. Петрозаводск, 2003. 304 с.
- Турманина В. И. Пути восстановления природных условий последнего тысячелетия и основные результаты // Ритмы природных процессов. М.: МГУ, 1979. С. 24–55.
- Фадеева М. А., Сониная А. В. Лихенологические исследования онежских петроглифов в связи с оценкой их состояния // Труды Первой российской лихенологической школы. 2000. С. 238–250.
- Фадеева М. А., Сониная А. В. Скорость роста эпилитных лишайников как показатель деструктивного воздействия лишенобиоты на онежские петроглифы // Актуальные проблемы геоботаники: современные направления исследований в России: методологии, методы и способы обработки материалов: Тез. докл. Петрозаводск, 2001. С. 188–189.
- Andrews J. T., Webber P. J. A lichenometrical study of the northwestern margin of the Barnes Ice Cap // A geomorphological technique. Geogr. Bull. 1964. № 22. P. 80–104.
- Armstrong R. A. Growth phases in the life of a lichen thallus // New Phytologist. 1974. № 73. P. 913–918.
- Beschel R. E. A project to use Lichens as indicators of climate and time // Arctic Alpine Res. 1957. Vol. 10. № 1. P. 200–215.
- Beschel R. E. Dating rock surfaces by growth and its application to glaciology and physiography (lichenometry) // Geology of the Arctic: proceedings of the first international symposium on Arctic Geology. 1960. P. 1044–1062.
- Calkin P. E., Ellis J. M. A lichenometric dating curve and its application to Holocene glacier studies in the central Brooks Range, Alaska // Arctic and Alpine Research. 1980. Vol. 12. № 3. P. 245–264.
- Denton G. H., Karlén W. Lichenometry: its application to Holocene moraine studies in southern Alaska and Swedish Lapland // Arctic and Alpine Research. 1973. Vol. 5. P. 347–372.
- Farrar J. F. A method for investigating lichen growth rates and succession // The Lichenologist. 1974. Vol. 6. № 2. С. 151–155.
- Innes J. L. Lichenometry // Progress in physical geography. 1985. Vol. 9. № 2. P. 187–254.
- Miller G. H., Andrews J. T. Quaternary history of northern Cumberland Peninsula, East Baffin Island, NWT, Canada Part VI: preliminary lichen growth curve for *Rhizocarpon geographicum* // Geological Society of America Bulletin. 1972. Vol. 83. № 4. P. 1133–1138.
- Platt R. B., Amsler F. P. A basic method for the immediate study of lichen growth rates and succession // J. Tenn. Acad. Sci. 1955. Vol. 30. P. 177–183.
- Purvis O. W., Coppins B. J., Hawksworth D. L., James P. W., More D. M. Lichen Flora of Great Britain and Ireland. Natural History Museum Publications in association with the British Lichen Society, 1992. 710 p.
- Reger R. D., Pewe T. L. Lichenometric dating in the central Alaska Range // The Periglacial Environment. 1969. P. 223–247.

GROWTH AND AGE ASSESSMENT OF EPILITHIC LICHEN *PROTOPARMELIOPSIS MURALIS* (SCHREB.) M. CHOISY IN SOUTHERN KARELIA

KURBATOV
Arkadiy Andreevich

Petrozavodsk state University, arkadiy1416@gmail.com

SONINA
Angella Valerevna

D.Sc., professor, Petrozavodsk state University, angella_sonina@mail.ru

Keywords:

Epilithic lichens
Protoparmeliopsis muralis
size of thalli
annual growth
growth models
age of thalli
duration of thalli life

Summary: The paper presents the results of studying the growth characteristics and age estimation of the thallii of the epilithic lichen *Protoparmeliopsis muralis* (Schreb.) M. Choisy on the coastal diabases of the Suna River («Kivach» reserve) in the taiga zone of the Republic of Karelia. The size (area of thallii) and growth of 17 thalluses of this type over an 11-year period (2007–2018) were analyzed. The dimensions of the thallii were within the range of 1.17...26.39 cm². Only linear growth was observed in the studied size range. There was a significant variation in the growth rate of the studied thallii under these conditions-0.20...1.50 cm² per year, due to individual characteristics of thallii, intraspecific and interspecific competition, as well as environmental conditions. The growth duration of thallii in the studied size range was estimated: 6...23 years.

Reviewer: A. G. Curikov

Received on: 16 October 2019

Published on: 18 March 2020

References

- Purvis O. W., Coppins B. J., Hawksworth D. L., James P. W., More D. M. Lichen Flora of Great Britain and Ireland. *Natural History Museum Publications in association with the British Lichen Society*, 1992. 710 p.
- Andrews J. T., Webber P. J. A lichenometrical study of the northwestern margin of the Barnes Ice Cap, A geomorphological technique. *Geogr. Bull.* 1964. No. 22. P. 80–104.
- Armstrong R. A. Growth phases in the life of a lichen thallus, *New Phytologist*. 1974. No. 73. P. 913–918.
- Beschel R. E. A project to use Lichens as indicators of climate and time, *Arctic Alpine Res.* 1957. Vol. 10. No. 1. P. 200–215.
- Beschel R. E. Dating rock surfaces by growth and its application to glaciology and physiography (lichenometry), *Geology of the Arctic: proceedings of the first international symposium on Arctic Geology*. 1960. P. 1044–1062.
- Calkin P. E., Ellis J. M. A lichenometric dating curve and its application to Holocene glacier studies in the central Brooks Range, Alaska, *Arctic and Alpine Research*. 1980. Vol. 12. No. 3. P. 245–264.
- Denton G. H., Karlén W. Lichenometry: its application to Holocene moraine studies in southern Alaska and Swedish Lapland, *Arctic and Alpine Research*. 1973. Vol. 5. P. 347–372.
- Dombrovskaya A. V. Influence of some ecological factors on the distribution and growth of fruticose and foliose lichens in Khibiny, *Botanicheskij zhurnal*. 1963. T. 48. No. 5. P. 742–748.
- Fadeeva M. A. Sonina A. V. Lichenological studies of Onega petroglyphs in connection with the assessment of their condition, *Trudy Pervoy rossiyskoy lihenologicheskoy shkoly*. 2000. P. 238–250.
- Fadeeva M. A. Sonina A. V. The growth rate of epilithic lichens as an indicator of the destructive impact of epilithic lichens on Onega petroglyphs, *Aktual'nye problemy geobotaniki: sovremennye napravleniya issledovaniy v Rossii: metodologii, metody i sposoby obrabotki materialov*: Tez. dokl. Petrozavodsk, 2001. P. 188–189.
- Farrar J. F. A method for investigating lichen growth rates and succession, *The Lichenologist*. 1974. Vol. 6. No. 2. P. 151–155.
- Galanin A. A. Glushkova O. Yu. Lichenometry, *Vestnik RFFI*. 2003. No. 3. P. 3–38.
- Galanin A. A. Lichenometric growth curves of *Rhizocarpon* sp. in the mountains of Northeast Asia and North America, *Problemy geologii i metallogenii Severo-Vostoka Azii na rubezhe tsysyacheletiy: chetvertichnaya geologiya, geomorfologiya, rossypi*. Magadan: SVKNII DVO RAN, 2001. P. 11–14.
- Galanin A. A. Lichenometric method for studying cryogenic processes, *Nauka i tehnika v Yakutii*. 2012. No.

1. P. 8–15.

- Galanin A. A. Lichenometric method in the study of modern geomorphological processes in the North-East of Russia: Avtoref. dip. ... kand. geogr. nauk. Vladivostok: TIG DVO RAN, 1997. 21 p.
- Galanina I. A. On the question of epilithic lichens growth rate in the southern Primorsky Kray, *Struktura i dinamika ekosistem Sibiri i Dal'nego Vostoka: Sb. nauch. st. Nahodka: Institut tehnologii i biznesa*, 2011. P. 130–143.
- Innes J. L. Lichenometry, *Progress in physical geography*. 1985. Vol. 9. No. 2. P. 187–254.
- Ivanter E. V. Korosov A. V. Introduction to quantitative biology. Petrozavodsk, 2003. 304 p.
- Mihaylova I. N. Analysis of subpopulation structures of epiphytic lichens (on the example of *Lobaria pulmonaria* (L.) Hoffm.), *Vestnik Nizhegorodskogo universiteta im. N. I. Lobachevskogo. Ser.: Biologiya*. 2005. No. 1. P. 124–134.
- Miller G. H., Andrews J. T. Quaternary history of northern Cumberland Peninsula, East Baffin Island, NWT, Canada Part VI: preliminary lichen growth curve for *Rhizocarpon geographicum*, *Geological Society of America Bulletin*. 1972. Vol. 83. No. 4. P. 1133–1138.
- Platt R. B., Amsler F. P. A basic method for the immediate study of lichen growth rates and succession, *J. Tenn. Acad. Sci.* 1955. Vol. 30. P. 177–183.
- Reger R. D., Pewe T. L. Lichenometric dating in the central Alaska Range, *The Periglacial Environment*. 1969. P. 223–247.
- Turmanina V. I. Ways to restore the natural conditions of the last Millennium and the main results, *Ritmy prirodnyh processov*. M.: MGU, 1979. P. 24–55.
- Viktorov S. V. Lichens as indicators of lithological and geochemical conditions in desert, *Vestnik Moskovskogo universiteta. Ser.: Biologiya*. 1956. No. 5. C. 115–119.
- Viktorov S. V. Lichens of the Ustyurt desert and their relationships with some properties of soils and rocks, *Voprosy indikacionnoy geobotaniki*. M., 1960. C. 53–60.