

УДК 582.282.13(571.121):574.45

## СООТНОШЕНИЕ ПРИРОСТА ПО ВЫСОТЕ И ПО БИОМАССЕ У КУСТИСТЫХ ЛИШАЙНИКОВ

© 2013 С.Ю. Абдульманова, С.Н. Эктова

Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург

Поступила в редакцию 21.05.2013

Проведена оценка прироста и продуктивности восьми покровобразующих видов лишайников в разных типах фитоценозов на севере Западной Сибири в условиях лесотундры. Определены пределы варьирования этих параметров. Предложена методика расчета первичной продукции кустистых видов лишайников на основе данных о линейном приросте.

Ключевые слова: кустистые лишайники, линейный прирост, первичная продукция, Западная Сибирь

Скорость роста напочвенных лишайников является одним из основных показателей, определяющих их восстановительный потенциал и продукционную активность. Оценка скорости роста лишайников может проводиться двумя способами: измерением линейного прироста или прироста по биомассе. Для определения значений этих параметров существует несколько подходов. Для измерения линейного прироста общепринятым можно назвать метод В.Н. Андреева [1], основанный на расчете скорости роста живой части слоевищ кустисто-разветвленных видов лишайников, и успешно апробированный для разных исследований. Большая часть существующих методов оценки запасов биомассы и продуктивности основана на изъятии и последующем взвешивании значительных участков лишайникового покрова. Эти методики определения прироста по биомассе не позволяют провести экспресс-оценку продуктивности лишайниковых сообществ. А на участках интенсивной пастбищной эксплуатации необходимо применение методов оценки первичной продукции лишайников, не ведущих к дополнительному нарушению растительности [2].

**Цель работы:** оценить соотношение прироста по длине и по биомассе у основных покровобразующих лишайников, создав основу для экспресс-оценки продуктивности сообществ с доминированием кустистых видов.

Ключевые участки для изучения прироста и продуктивности лишайников выбраны на севере Западной Сибири и Полярном Урале. Описания сообществ и отбор образцов проводились в зоне лесотундры, включая равнинные и горные районы (окрестности п. Октябрьский и долина р.Собь), и подзоне северных редкостойных лесов (долина р. Войкар). В напочвенном покрове изучаемых

сообществ доминирующая роль принадлежит синузии кустистых лишайников родов *Cladonia*, *Cetraria*, *Flavocetraria*. Из числа лишайников, формирующих покров, были выбраны основные модельные виды: *Cetraria islandica* (L.) Ach., *C. laevigata* Rass., *Cladonia arbuscula* (Wallr.) Flot, *C. gracilis* (L.) Willd. var. *gracilis*, *C. rangiferina* (L.) F. H. Wigg, *C. stygia* (Fr.) Ruoss, *C. stellaris* (Opiz) Pouzar & Vezda, *Flavocetraria cucullata* (Bellardi) Kärnefelt & A. Thell.

В равнинной лесотундре в сообществах кустарничково-мохово-лишайниковых и ерниковых лишайниковых тундр были заложены мониторинговые площади для определения абсолютного линейного прироста всех 8 модельных видов, так как данные о приросте шиловидных и кустисто-лопастных видов могут быть получены только в результате прямого измерения меченых слоевищ без изъятия из природной среды. В других типах фитоценозов равнинной лесотундры, горных тундр и полосы северных редкостойных лесов отбирались образцы (10x10 см) для определения относительного прироста и относительного возраста живой части подстилки у кустисто-разветвленных видов рода *Cladonia*, а также плотности и массы лишайниковой дернины. К росту способна только живая часть лишайниковых слоевищ, поэтому прирост рассчитывается по методу В.Н. Андреева [1]. Определение количества подстилки каждого из модельных видов на пробных площадках (25x25 см) проводилось по формулам, приведенным в работе С.Н. Плюснина [3]. В ходе работы промерено около 4000 подстилок 8 модельных видов и взвешено около 220 образцов, проанализирована структура 264 лишайносинузий.

**Результаты.** Годичная продукция лишайников напрямую связана со скоростью их линейного прироста. На исследуемой территории относительный прирост кустисто-разветвленных лишайников рода *Cladonia* варьирует от 1,02 до 5,54 мм/год (табл. 1). Прирост лишайников закономерно снижается с юга на север и с подъемом в горы, наибольший прирост среди кустисто-развет-

Абдульманова Светлана Юрисовна, аспирантка  
Эктова Светлана Николаевна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории биоразнообразия растительного мира и микобиоты. E-mail: [ektova@ipae.uran.ru](mailto:ektova@ipae.uran.ru)

вленных видов выявлен у *C. rangiferina* и *C. stygia*. Прирост шиловидных и кустисто-лопастных видов (*C. islandica*, *C. laevigata*, *C. gracilis*, *F. cucullata*) в сообществах равнинной лесотундры варьирует от 3,10 до 10,71 мм/год (табл. 1). Для дальнейших расчетов необходимо определить процент годичного прироста от длины живой части. Для кустисто-разветвленных видов ежегодный линейный прирост составляет 7-13% и не зависит от зональной и фитоценотической приуроченности. Это позволяет нам экстраполировать процент прироста *C. islandica*, *C. laevigata*, *C. gracilis*, *F. cucullata* с сообществ равнинной лесотундры на другие районы исследования.

Для пересчета скорости линейного роста в прирост по биомассе для каждого типа фитоценоза были подготовлены навески по 1 см с вершины ( $m_{1см}$ ) и из средней части ( $m_{ср.ч.}$ ) 15 подещев

каждого вида. Рассмотрим методику пересчета на примере *C. rangiferina* в сообществах лиственничных редкостойных лесов. Масса навески средней части слоевища примерно в 2 раза превышает массу навески с вершины (~ 0,097 г и ~ 0,057 г соответственно). Для получения данных о весе одного подещия масса навески делилась на 15 (0,006 и 0,004 соответственно). Далее для кустисто-разветвленных видов, исходя из полученных данных, рассчитывалась масса живой части подещия ( $m_{жив}$ ):  $m_{жив} = m_{1см} + m_{ср.ч.} * (h_{жив} - 1)$ , для *C. rangiferina* масса живой части 1 подещия ~ 0,025 г. На следующем этапе рассчитывался прирост живой части слоевища по массе ( $v$ ):  $v = (m_{жив}^{*} / \text{линейного прироста}) / 100$ . Таким образом, мы получаем данные о приросте по массе одного подещия исследуемого вида (для *C. rangiferina* ~ 0,002 г/год).

Таблица 1. Относительный прирост основных модельных видов кустистых лишайников на севере Западной Сибири

Вид / Зона	<i>C. rangiferina</i>		<i>C. stygia</i>		<i>C. arbuscula</i>		<i>C. stellaris</i>	
	Хср±SD	%	Хср±SD	%	Хср±SD	%	Хср±SD	%
полоса северных редкостойных лесов	4,29±0,87	10	3,24±0,58	13	3,54±0,76	9	3,09±0,4	9
равнинная лесотундра	3,03±0,71	9	2,53±0,67	11	2,53±0,67	10	2,52±0,51	8
горные тундры	2,58±0,57	12	2,39±0,59	12	2,39±0,59	11	2,26±0,75	9
<b>Фитоценозы</b>								
<b>Полоса северных редкостойных лесов</b>								
лиственничные редкостойные леса	4,21±0,92	10	3,26±0,66	13	3,63±0,82	9	3,09±0,4	9
бугристые болота	4,81	9	3,15	12	3,35	8	н/д	
<b>Равнинная лесотундра</b>								
кустарничково-лишайниковые тундры	2,07±0,2	10	2,13±0,34	13	1,8±0,04	11	н/д	
кустарничково-мохово-лишайниковые тундры	2,9±0,37	9	2,8±0,08	11	2,8±0,08	8	2,27	8
заросли ерника лишайникового	3,66±0,62	9	3,21±0,49	12	3,21±0,49	7	3,08±0,23	8
лиственничные редины	2,82±0,86	11	2,49±0,68	10	2,49±0,68	12	2,69	10
<b>Горные тундры</b>								
пятнистые кустарничково-лишайниково-моховые тундры	2,61±0,51	10	2,33±0,53	13	2,23±0,2	11	2,29±0,36	11
кустарничково-мохово-лишайниковые тундры	2,4±0,5	12	2,19±0,56	12	2,19±0,56	12	2,05±0,71	12
заросли ерника лишайникового	2,98±0,63	12	2,97±0,49	12	2,97±0,49	11	2,71±0,93	11
<b>Равнинная лесотундра</b>								
Вид	<i>C. gracilis</i>		<i>C. islandica</i>		<i>C. laevigata</i>		<i>F. cucullata</i>	
	Хср±SD	%	Хср±SD	%	Хср±SD	%	Хср±SD	%
кустарничково-мохово-лишайниковые тундры	5,46±1,79	28	6,75±2,10	34	6,49±2,33	33	7,53±2,13	38
заросли ерника лишайниковые	7,16±3,04	36	10,13±4,03	51	н/д	н/д	н/д	н/д

Для того, чтобы оценить продуктивность модельных видов в исследуемых сообществах, необходимы данные о количестве подещев на учетных площадках (10x10 см<sup>2</sup> или 25x25 см<sup>2</sup>). Для этого использовалась методика, приведенная в диссертационной работе С.Н. Плюснина [3]. На основе данных о количестве подещев и исходном покрытии данного вида на конкретную учетную площадку была рассчитана средняя площадь одного подещия. Для модельных видов она варьирует 0,06 до 2,25 см<sup>2</sup>, минимальная у *C. gracilis*, максимальная у

*C. stellaris*. Для прочих учетных площадок на основе данных о покрытии вида в целом и площади одного подещия было рассчитано количество слоевищ (N) каждого модельного вида. Таким образом, мы получили все необходимые данные для расчета первичной продукции (P) каждого модельного вида (на учетную площадку) в рассматриваемых типах сообществ:  $P = v * N$ . На последнем этапе необходимо провести пересчет продуктивности в необходимые единицы, например в г/м<sup>2</sup>. Результаты приведены в табл. 2.

**Таблица 2.** Первичная продукция ( $\bar{X} \pm SD$ ) модельных видов лишайников на севере Западной Сибири ( $г/м^2 \cdot год$ )

Вид / Зона	<i>C. rangiferina</i>	<i>C. stygia</i>	<i>C. arbuscula</i>	<i>C. stellaris</i>	<i>C. gracilis</i>	<i>C. islandica</i>	<i>C. laevigata</i>	<i>F. cuculata</i>
полоса северных редкостойных лесов	30,65±14,18	27,67±16,44	13,73±14,42	н/д	0,65±0,78	2,32±0,89	н/д	
равнинная лесотундра	11,79±18,53	2,92±6,55	4,91±5,00	4,04±5,02	2,07±1,59	4,57±4,43	6,60±8,12	5,31±9,63
горные тундры	3,54±4,14	3,97±5,38	4,93±3,26	0,36±0,83	1,83±1,45	0,93±0,39	0,87±1,03	1,28±0,59
<b>Фитоценозы</b>	<b>Полоса северных редкостойных лесов</b>							
лиственничные редкостойные леса	25,55±12,07	20,79±16,03	8,11±12,37	н/д	0,78±0,9	2,95	н/д	н/д
бугристые болота	45,94	41,43	22,16±14,52	н/д	0,27	1,69	н/д	н/д
	<b>Равнинная лесотундра</b>							
кустарничково-лишайниковые тундры	3,56±3,74	0,39±0,52	1,23±0,22	н/д	0,66	0,96	0,97	0,26
кустарничково-мохово-лишайниковые тундры	3,54±3,50	1,67±1,23	4,51±5,12	н/д	0,66±0,30	3,63±4,89	6,04±7,97	0,65±0,56
заросли ерника лишайникового	2,47±2,54	10,21±14,25	3,93±1,03	7,58	1,92±1,33	5,05±5,85		3,54±4,09
лиственничные редины	8,06±4,57	0,51±0,06	4,06±1,24	0,49	3,69±1,33	6,37±2,89	9,98±12,05	2,24
плоскобугристые болота	45,99±21,8	0,73	11,25±10,40	н/д	н/д	н/д	н/д	29,81
	<b>Горные тундры</b>							
пятнистые кустарничково-лишайниково-моховые тундры	0,92±0,38	0,64±0,97	2,29±2,20	0,08	1,83±1,33	н/д	2,27±1,12	1,12
кустарничково-мохово-лишайниковые тундры	3,13±2,18	1,80±1,59	4,57±2,75	0,19±0,15	1,17±0,91	0,99±0,41	0,37	1,27±0,51
заросли ерника лишайникового	6,30±6,93	11,65±5,61	7,42±3,20	1,16±1,87	3,52±1,44	0,76±0,29	0,19	1,43±1,02

Продуктивность лишайников варьирует в широких пределах (табл. 3). Суммарные значения продукции модельных видов в разных типах фитоценозов варьируют от 6,70 до 61,40  $г/м^2 \cdot год$ , но важно учитывать, что на данном этапе мы оцениваем не продуктивность лишайникового сообщества в целом, а отдельных видов, которая зависит от двух основных параметров – скорости роста и проективного покрытия вида. Рассчитанная продуктивность обеспечивает запас массы лишайников 122-573  $г/м^2$  при доминировании кустистых видов в зависимости от типа сообщества. Эти цифры отлично согласуются с данными по запасам массы лишайников в горно-тундровых сообществах Полярного Урала [4].

Первичная продукция лишайниковых синузиль сильно зависит от условий среды (зональная и фитоценотическая приуроченность, различия достоверны), и покрытия конкретных видов. Видовые особенности прироста и продуктивности определяются и экологическими требованиями к природной среде (температура, влажность, освещенность, а также биотическими факторами [5]) и высотно-возрастными параметрами слоевищ (длина и возраст живой части). В пределах изучаемых зональных единиц наибольшая продуктивность будет у сообществ с максимальным покрытием *C. rangiferina* и *C. stygia*.

**Таблица 3.** Пределы варьирования (min–max) первичной продукции модельных видов лишайников на севере Западной Сибири ( $г/м^2 \cdot год$ )

Вид / Зона	<i>C. rangiferina</i>	<i>C. stygia</i>	<i>C. arbuscula</i>	<i>C. stellaris</i>	<i>C. gracilis</i>	<i>C. islandica</i>	<i>C. laevigata</i>	<i>F. cuculata</i>
полоса северных редкостойных лесов	14,91-45,94	9,46-41,43	0,48-33,53	н/д	0,09-1,8	1,69-2,95	н/д	
равнинная лесотундра	0,16-61,40	0,02-20,29	0,89-18,6	0,49-7,58	0,45-4,55	0,16-13,71	0,41-18,49	0,18-29,81
горные тундры	0,51-17,62	0,12-18,7	0,08-11,11	0,04-3,96	0,51-5,28	0,26-1,59	0,19-2,92	0,11-2,24
<b>Фитоценозы</b>	<b>Полоса северных редкостойных лесов</b>							
лиственничные редкостойные леса	14,91-38,67	9,46-32,12	0,48-31,21	н/д	0,09-1,80	2,95	н/д	н/д
бугр. болота	н/д	н/д	0,88-33,53	н/д	0,27	1,69	н/д	н/д

Равнинная лесотундра								
кустарничково-лишайниковые тундры	0,91-0,21	0,02-0,76	1,07-1,38	н/д	0,66	0,96	0,97	0,26
кустарничково-мохово-лишайниковые тундры	1,06-6,01	0,80-2,54	0,89-8,13	н/д	0,45-0,88	0,16-7,09	0,41-11,68	0,26-1,04
заросли ерника лишайникового	0,16-5,19	0,14-20,29	3,20-4,66	7,58	0,67-3,76	1,30-13,71		0,18-8,94
лиственничные редины	4,82-11,29	0,47-0,55	2,94-5,40	0,49	2,15-4,55	4,33-8,42	1,46-18,49	2,24
плоскобугристые болота	30,57-61,4	0,73-0,73	3,90-18,60	н/д	н/д	н/д	н/д	29,81-29,81
Горные тундры								
пятнистые кустарничково-лишайниково-моховые тундры	0,51-1,36	0,12-2,60	0,08-4,72	0,08	0,61-3,05	н/д	0,97-2,92	1,12
кустарничково-мохово-лишайниковые тундры	0,69-8,20	0,15-4,32	0,85-10,10	0,04-0,40	0,51-2,57	0,26-1,59	0,37	0,56-2,24
заросли ерника лишайникового	0,63-17,62	3,83-18,70	4,12-11,11	0,23-3,96	1,76-5,28	0,51-1,02	0,19	0,11-2,24

**Выводы:** предложенный метод пересчета прироста по высоте в прирост по биомассе можно рассматривать как достаточно точную экспресс-оценку первичной продуктивности сообществ с доминированием кустисто-разветвленных видов лишайников, позволяющую определить необходимые показатели при минимальном нарушении покрова и трудозатрат. Для расчета необходимы небольшие образцы лишайниковой дернины (10x10 см<sup>2</sup>) из каждого типа сообщества и подробное описание лишайносушций (для подсчета количества подтеков). Для лишайников на 15-20 талломах определяется относительный линейный прирост, средняя площадь подтека, вес 1 см живой части подтека из его разных частей. Подобные измерения легко проводятся как в полевых, так и в камеральных условиях, и не требуют долговременных исследований с повторным взвешиванием образцов. Рассчитанная нами ежегодная продукция основных модельных видов лишайников в сообществах северных редкостойных лесов, лесотундры и горных тундр на севере Западной Сибири составляет 7-13% от имеющихся запасов биомассы, что укладывается в средние показатели (11%) для Субарктики, рассчитанные традиционным способом методов повторного взвешивания укусов [6].

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант №12-04-31751) и программы Президиума РАН № 30 «Живая природа: современное состояние и проблемы развития» (проект № 12-П-4-1043).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Андреев, В.Н. Прирост кормовых лишайников и приемы его регулирования // Тр. Бин. АН СССР. Сер.3. Геоботаника. 1954. Вып. 9. С. 11-74.
2. Moen, J. Non-destructive estimation of lichen biomass / J.Moen, Ö. Danell, R. Holt // Rangifer. 2007. 27 (1). P. 41-46.
3. Плюссин, С.Н. Изменчивость и структура популяций лишайников рода *Stereocaulon* в тундровых экосистемах. Дис. канд. биол. наук [электронный ресурс]. – М.: РГБ, 2003. 146 с.
4. Морозова, Л.М. Растительный покров и растительные ресурсы Полярного Урала // Л.М. Морозова, С.Н. Эктова, М.А. Магомедова // Растительные ресур. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2006. Гл. 4. С. 473-554.
5. Абульманова, С.Ю. Зависимость размерно-возрастных параметров покрововобразующих лишайников от условий местообитания // Экология: традиции и инновации: материалы конф. молодых ученых, 9-13 апр. 2012 г. – Екатеринбург, 2012. С. 5-14.
6. Kärenlampi, L. Kuinka nopeasti jakala kasvaa? / L. Kärenlampi, M.-M. Kytöviita // Poromies. 1988. 55(1). P. 4-7.

## INTERRELATION ON LINEAR GROWTH AND ON BIOMASS AT FRUTICOSE LICHENS

© 2013 S.Yu. Abdulmanova, S.N. Ektova  
Institute of Plants and Animals Ecology UrB RAS, Ekaterinburg

The assessment of linear growth and efficiency of eight cover forming types of lichens in different types of phytocenosis in the north of West Siberia in the conditions of forest-tundra is carried out. Limits of variation of these parameters are defined. The method of calculation the primary production of fruticose types of lichens on the basis of data on a linear growth is offered.

Key words: *fruticose lichens, linear growth, primary production, West Siberia*