

УДК 574 (061.3)

Э 40

*Материалы конференции изданы при финансовой поддержке  
Президиума Уральского отделения РАН и Российского фонда  
фундаментальных исследований (проект № 12-04-06804).*

**Экология:** традиции и инновации. Материалы конф. молодых ученых, 9–13 апреля 2012 г. / ИЭРиЖ УрО РАН — Екатеринбург: Гощицкий, 2012. — 168 с.

В сборнике опубликованы материалы Всероссийской конференции молодых ученых «Экология: традиции и инновации». Мероприятие проходило в Институте экологии растений и животных УрО РАН с 9 по 13 апреля 2012 г. Работы посвящены проблемам изучения биологического разнообразия на популяционном, видовом и экосистемном уровнях, анализу экологических закономерностей эволюции, поиску механизмов адаптации биологических систем к экстремальным условиям, а также популяционным аспектам экотоксикологии, радиобиологии и радиоэкологии.

ISBN 978-5-98829-036-0

© Авторы, 2012

© ИЭРиЖ УрО РАН, 2012

© Оформление. Издательство «Гощицкий», 2012

# ЗАВИСИМОСТЬ РАЗМЕРНО-ВОЗРАСТНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПОКРОВОБРАЗУЮЩИХ ЛИШАЙНИКОВ ОТ УСЛОВИЙ МЕСТООБИТАНИЯ

---

С.Ю. Абдульманова

*Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург*

*Ключевые слова:* *Cladonia*, годичный прирост, высота лишайников, относительный возраст, лесотундра.

Лишайники в сообществах бореальных и арктических экосистем являются важным элементом круговорота основных биогенных элементов и формируют значительный запас биомассы. Оценка роли лишайников в продукционном процессе экосистем осложнена необходимостью получения данных не только об их имеющихся запасах, но и первичной продукции или, другими словами, годичном приросте (Салазкин, 1937).

Как известно, скорость роста кустистых лишайников зависит от множества факторов и сильно варьирует в зависимости от условий среды. Показано, что для роста лишайников рода *Cladina* оптимальны температуры в диапазоне 15–25°C при высокой влажности воздуха и дернины (Lechowicz, Adams, 1974). Ужесточение гидротермического режима приводит к снижению скорости роста (Городков, 1936). Рост лишайников возможен только в увлажненном состоянии, высушенное слоевище не способно к растяжению (Андреев, 1954). Уровень освещенности влияет на биохимические процессы, химический состав лишайниковых кислот, на различия в морфологии и анатомии подоциев (Tegler, Kershaw, 1980). Различия в скорости роста определяются и структурой сообществ. Отмечено вытягивание лишайниковых подоциев в моховой подушке, так как мхи растут быстрее (Толпышева и др., 2003), поддерживают более длительный период времени влажность смешанных синузий, выравнивают температурный режим. Чистый лишайниковый покров слабее выравнивает микроклимат, быстрее нагревается и теряет влагу. Существуют различия в скорости роста у лишайников и на видовом уровне. Так, прирост *C. rangiferina* выше, чем *C. arbuscula* ssp. *mitis* (Толпышева и др., 2003; Vasander, 1981), поскольку оптимум фотосинтетической активности *C. rangiferina* даже при низких температурах выше.

Цель нашей работы — оценить вклад факторов, обуславливающих изменение прироста лишайников, в различных природных градиентах. Для ее достижения необходимо было выявить особенности

прироста лишайников: 1) в ландшафтном градиенте; 2) в разных типах растительных сообществ; 3) в зависимости от горизонтальной и вертикальной структуры сообществ; 4) в зависимости от приуроченности к структурам нанорельефа; 5) на видовом уровне.

#### МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Относительный прирост лишайников определяли по методу В.Н. Андреева (1954) в сообществах равнинных и горных тундр на севере Западной Сибири в зоне лесотундры и на Полярном Урале. Экспериментальные площадки (50x50 см) были заложены в двух основных фитоценозах: кустарниковой тундре (ерник лишайниковый — *ЕЛ*) и кустарничково-лишайниковой тундре (*К-л Т*), при этом были выбраны их равнинный и горный варианты (табл. 1). Сравнение структуры сообществ для горного и равнинного участков показало, что выбранные сообщества идентичны, различия достоверны только в структуре мохово-лишайникового яруса: покрытие мхов в обоих типах выше в горах, на равнине высока доля *C. rangiferina* в кустарничково-лишайниковых тундрах и лишайников в целом — в ерниковых (см. табл. 1).

На каждой модельной площадке фиксировали особенности нанорельефа. Для выбранных сообществ характерен бугорковатый (бугорки:  $h=10-20$  см,  $d=30-50$  см, ложбинки:  $d=0.5-1$  м) или слегка бугорковатый нанорельеф, чередующийся с выровненными участками (20–50 м). Для анализа отбирали образцы с выровненных участков, вершин и склонов моховых бугорков и в ложбинках между бугорками. В исследуемых сообществах промерено более 1500 подстилов лишайников модельных видов *Cladonia arbuscula* (Wallr.) Flot и *C. rangiferina* (L.) F.H. Wigg.

Значимость вклада факторов, выраженных в номинальной шкале (горная и равнинная территория, типы сообщества (*К-л Т*, *ЕЛ*), вид лишайника), в варьирование значений прироста оценивали методами факторного дисперсионного анализа. Для факторов, имеющих непрерывное распределение признака, методом ранговой корреляции определяли взаимосвязь с показателем прироста. В дальнейшем анализе использовались только параметры со средней и сильной степенью зависимости. Методом множественной регрессии выявляли факторы, вносящие наибольший вклад в различия относительного прироста вдоль характеризующих градиентов (Вуколов, 2008).

#### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В исследуемых типах сообществ прирост лишайников варьирует от 1.27 до 5.52 мм/год (табл. 2).

Таблица 1. Характеристика условий местообитания и значения основных исследуемых параметров в градиентах условий

Параметры	Горы				Равнина			
	К-л Т		ЕЛ		К-л Т		ЕЛ	
	$\bar{X} \pm SD$	min-max	$\bar{X} \pm SD$	min-max	$\bar{X} \pm SD$	min-max	$\bar{X} \pm SD$	min-max
Характеристика местообитания								
Экспозиция	З, ЮЗ-З		З, С-З, ЮЗ-З		-		-	
Уклон, град.	10-12		10-20		-		-	
Высота над ур.м., м	329-352		246-253		103-119		97-111	
Нанорельеф	Пологий склон		Бугорковатый, слегка бугорковатый		Бугорковатый, бугристый		Бугристый	
Структура сообщества								
Сомкнутость кустарников, %	3.5±2.5	0-7	37±6	27-45	6.9±9.7	0-42	29±17	0-61
Высота кустарников, см	12±4	7-18	39±18	21-65	11±6	3-24	33±15	7-60
Покрытие кустарничков, %	9±7	0-20	14±9	3-28	7±5	0.5-23	10±4	2-18
Высота кустарничков, см	5±3	2.5-9.5	11±6	4.3-20	4.6±1.2	2-6.5	7±3	2-15
Покрытие трав, %	2.5±2	0-6	1.7±2.6	0-7	2.1±2	0-7	2±2.08	0-8
Высота трав, см	12±0.6	11-12	12±3	10-15	12±3.9	6-21	13±2	10-17
Мощность дернины, см	7±2	3-10	6±0.7	5-7	10±3	7-15	13±2	10-15
Покрытие мхов, %	7±2	4-10	19±18	2-50	5±3.5	1-15	8±5	1-22
Покрытие лишайников, %	84±9	70-90	69±13	46-80	86±8	67-95	80±8	60-96
Покрытие <i>C. arbuscula</i> , %	25±10	10-35	39±12	20-55	57±14	37-80	53±22	1-87
Покрытие <i>C. rangiferina</i> , %	28±9	15-40	22±6	15-30	20±13	0-38	23±17	0-46

Примечание. К-л Т – кустарничково-лишайниковая тундра; ЕЛ – ерник лишайниковый.

Таблица 2. Значения основных исследуемых параметров в градиентах среды

Вид	Горы			Равнина		
	К-п Т		ЕЛ	К-п Т		ЕЛ
	$\bar{X} \pm SD$	min-max	$\bar{X} \pm SD$	min-max	$\bar{X} \pm SD$	min-max
Относительный прирост, мм/год						
<i>C. arbuscula</i>	2.39±0.48	1.27-3.74	3.61±0.57	2.18-5.40	2.82±0.39	2.29-3.70
<i>C. rangiferina</i>	2.95±0.53	1.82-4.27	3.94±0.66	2.41-5.52	3.23±0.42	2.54-4.02
Высота живой части, мм						
<i>C. arbuscula</i>	23.91±3.46	21.24-30.68	39.47±5.77	33.53-46.55	27.30±5.14	18.57-37.54
<i>C. rangiferina</i>	28.51±2.73	24.12-31.66	34.61±2.96	30.65-39.12	28.43±4.30	20.53-38.90
Возраст живой части, лет						
<i>C. arbuscula</i>	10±1	9-11	11±1	10-12	10±1	7-12
<i>C. rangiferina</i>	10±0.3	9-10	9±0.5	8.8-9.3	9±1	8-10
					11±1	9-14
					9±1	8-10

Наименьший прирост выявлен у *C. arbuscula* в горных кустарничково-лишайниковых тундрах, а наибольший — у *C. rangiferina* в горных кустарниковых. Достоверных различий между скоростью роста лишайников в горных и равнинных кустарниковых тундрах не обнаружено (рис. 1), тогда как прирост лишайников обоих видов в кустарничково-лишайниковых сообществах значительно различается между равнинным и горным участками. Видовые различия в скорости роста достоверны во всех исследуемых условиях (между территориями и сообществами). Варьирование прироста в разных типах растительных сообществ можно объяснить дифференциацией их структур.

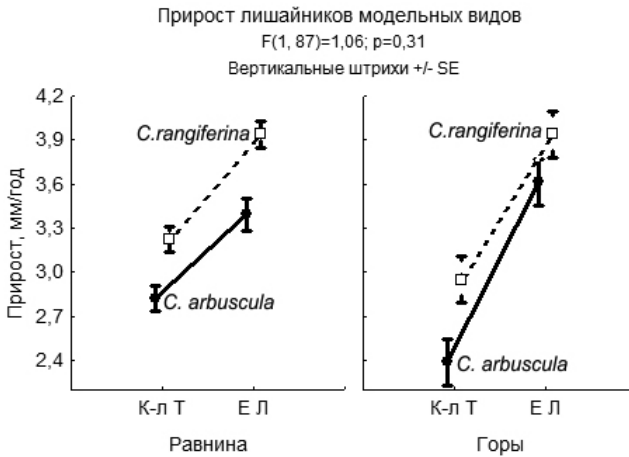


Рис. 1. Прирост лишайников модельных видов в кустарничково-лишайниковых и кустарниковых тундрах.

#### Основные тенденции зависимости прироста лишайников от особенностей структуры сообществ

В тундровых сообществах при увеличении сомкнутости кустарников от 0 до 0.3 и даже до 0.5 значительно возрастает скорость роста — с 3.0 до 3.65 мм/год, максимальный прирост характерен при сомкнутости 0.2–0.3. При смыкании яруса кустов более 0.5 прирост в среднем снижается на 0.1–0.2 мм. Однако на скорость роста лишайников влияет не только сомкнутость яруса, но и его высота. Так, при высоте кустарников менее 20 см прирост составляет 3.05 мм/год, затем возрастает до 3.8 мм/год (различия достоверны —  $F=11.31; p<0.001$ ), так как высокие кусты сильнее ослабляют силу ветра и задерживают снег, в результате дольше сохраняется влага в дернине и почве. Однако сопряженное влияние этих параметров не выражено.

Изменение соотношения мхов и лишайников в структуре синузий хорошо соотносится с различиями прироста талломов. При увеличении покрытия мхов с 20 до 50% прирост лишайников имеет тенденцию к увеличению с 3.5 до 3.8 мм/год ( $F=3.40$ ;  $p=0.07$ ), а при изменении покрытия лишайников от 50 до 80% их прирост значимо снижается с 3.8 до 3.1 мм/год ( $F=4.10$ ;  $p=0.02$ ).

Увеличение однородности лишайниковых синузий, т.е. переход к монодоминированию, сопровождается ускорением роста лишайников. Для каждого вида выявлены свои особенности роста, связанные с разными требованиями к условиям среды. Так, *C. rangiferina* в условиях лесотундры в сообществах более обильна — ее покрытие варьирует от 20 до 80%, а прирост — от 2.34 до 3.80 мм/год (различия достоверны —  $F=9.30$ ;  $p=0.001$ ), тогда как доля в структуре сообществ *C. arbuscula* не превышает 50%. При увеличении покрытия *C. arbuscula* от 0 до 40% прирост лишайников значимо снижается с 3.87 до 3.05 мм/год ( $F=5.9$ ;  $p=0.001$ ). С дальнейшим увеличением покрытия скорость роста возрастает незначительно.

С увеличением мощности мохово-лишайниковой дернины с 8 до 15 см прирост лишайников увеличивается с 2.60 до 5.48 мм/год ( $F=8.39$ ;  $p=0.01$ ).

#### *Особенности нанорельефа и его вклад в изменение скорости роста лишайников*

В целом для тундровых сообществ значимых различий по приросту лишайников на уровне нанорельефа не выявлено ( $F=1.03$ ;  $p=0.4$ ). В качестве тенденции отметим, что при переходе от выровненных участков или вершин бугорков по склонам бугорков в ложбинки скорость роста сначала возрастает с 3.20–3.25 до 3.42 мм/год, а затем снижается в ложбинках (3.29–3.31 мм/год), где в наиболее влажных условиях повышается конкуренция со стороны мхов, вытесняющих лишайники.

Связь исследуемых факторов с показателями прироста выявляли методом ранговой корреляции (табл. 3). В дальнейшем анализе использовали только параметры с  $r_s \geq 0.3$ . Так, в целом для тундровых сообществ в регрессионный анализ включены высота и сомкнутость кустарникового яруса. Значимый вклад в варьирование значений прироста вносит только высота яруса ( $\beta=0.02$ ;  $R^2_{\text{adj}}=0.24$ ). В сообществах кустарничково-лишайниковых тундр значимое влияние на величину прироста оказывает покрытие *C. rangiferina* ( $\beta=0.01$ ;  $R^2_{\text{adj}}=0.20$ ), в кустарниковых тундрах регрессионные модели не позволяют выявить основные факторы. Варьирование скорости роста *C. arbuscula* обусловлено изменением высоты и сомкнутости кустарникового яруса и покрытием *C. rangiferina* (коэффициент  $\beta$  равен 0.01 для всех факторов,  $R^2_{\text{adj}}=0.45$ ). Для *C. rangiferina* значимых факторов не выявлено.

Таблица 3. Факторы, определяющие варьирование показателей относительного прироста в тундровых сообществах

Параметр	Тундровые сообщества		К-л Т		ЕЛ		<i>C. arbuscula</i>		<i>C. rangiferina</i>	
	$r_s$	$p$	$r_s$	$p$	$r_s$	$p$	$r_s$	$p$	$r_s$	$p$
Сомкнутость, %	<b>0.49</b>	<b>0.01</b>	0.12	0.38	-0.02	0.91	<b>0.56</b>	<b>0.01</b>	<b>0.50</b>	<b>0.01</b>
Высота кустарников, см	<b>0.51</b>	<b>0.01</b>	-0.05	0.76	0.15	0.34	<b>0.48</b>	<b>0.02</b>	<b>0.58</b>	<b>0.01</b>
Покрытие, %:										
лишайников	<b>-0.25</b>	<b>0.01</b>	0.10	0.47	-0.01	0.93	-0.08	0.58	<b>-0.43</b>	<b>0.02</b>
<i>C. rangiferina</i>	<b>0.29</b>	<b>0.01</b>	<b>0.43</b>	<b>0.01</b>	<b>0.33</b>	<b>0.03</b>	<b>0.35</b>	<b>0.02</b>	0.21	0.15
<i>C. arbuscula</i>	<b>-0.28</b>	<b>0.01</b>	-0.26	0.06	<b>-0.38</b>	0.01	-0.23	0.14	-0.25	0.08
Высота над ур.м., м	<b>-0.22</b>	<b>0.03</b>	<b>-0.43</b>	<b>0.001</b>	0.07	0.65	<b>-0.30</b>	<b>0.05</b>	-0.22	0.12

Примечание. Полуужирным шрифтом выделены значимые корреляции;  $r_s$  – коэффициент корреляции Спирмена;  $p$  – уровень значимости.

#### Изменчивость скорости роста лишайников в сообществах равнинных и горных тундр

Варьирование прироста лишайников модельных видов в сообществах равнинных или горных территорий сходно с общими тенденциями, описанными выше. К особенностям прироста в горных тундрах относятся: а) выраженная зависимость скорости роста лишайников от особенностей нанорельефа: на склонах моховых бугорков наибольший прирост, а самый низкий – на выровненных участках ( $F=3.5$ ;  $p=0.05$ ); б) снижение скорости роста лишайников отмечается при более низких значениях сомкнутости кустарникового яруса (в среднем при 0.4). В сообществах равнинных тундр: а) скорость роста лишайников значительно снижается при сомкнутости яруса кустарников более 55%; б) доля мхов в структуре мохово-лишайникового яруса незначительна (до 25%) и не оказывает влияния на варьирование прироста.

Однако из всего комплекса факторов, определяющих варьирование прироста в равнинных тундрах (табл. 4), значимы только высота кустарникового яруса ( $\beta=0.02$ ;  $R^2_{adj}=0.31$ ), а в горах – высота над уровнем моря ( $\beta=-0.01$ ;  $R^2_{adj}=0.65$ ).

В сообществах равнинных кустарничково-лишайниковых тундр варьирование значений прироста зависит от покрытия *C. arbuscula* и высоты над уровнем моря ( $\beta$  равно 0.5 и -1.27 соответственно ( $R^2_{adj}=0.50$ )). В кустарниковых тундрах на прирост влияют только покрытие *C. arbuscula* и *C. rangiferina* ( $\beta$  равен 0.36 и 0.63 соответствен-



Таблица 4. Факторы, определяющие варьирование показателей относительного прироста в сообществах равнинных и горных тундр

Параметр	Тундровые сообщества		К-л Т		ЕЛ		C. arbuscula		C. rangiferina	
	$r_s$	$p$	$r_s$	$p$	$r_s$	$p$	$r_s$	$p$	$r_s$	$p$
Равнинная лесотундра										
Дернина, см	<b>0.52*</b>	<b>0.01</b>	0.04	0.90	0.31	0.21	0.45	0.13	<b>0.59</b>	<b>0.01</b>
Сомкнутость, %	<b>0.37</b>	<b>0.01</b>	0.04	0.82	0.00	1.00	<b>0.39</b>	<b>0.02</b>	<b>0.41</b>	<b>0.01</b>
Высота кустарников, см	<b>0.47</b>	<b>0.01</b>	0.02	0.92	0.34	0.07	<b>0.38</b>	<b>0.04</b>	<b>0.56</b>	<b>0.01</b>
Покрытие, %:										
лишайников	-0.18	0.14	0.08	0.63	-0.02	0.93	0.12	0.52	<b>-0.45</b>	<b>0.01</b>
C. rangiferina	<b>0.26</b>	<b>0.03</b>	0.30	0.06	<b>0.47</b>	<b>0.01</b>	0.31	0.08	0.12	0.48
C. arbuscula	<b>-0.31</b>	<b>0.01</b>	<b>-0.32</b>	<b>0.04</b>	<b>-0.53</b>	<b>0.01</b>	-0.29	0.10	-0.26	0.11
Высота над ур.м., м	<b>-0.25</b>	<b>0.04</b>	<b>-0.33</b>	<b>0.04</b>	-0.03	0.86	<b>-0.37</b>	<b>0.04</b>	-0.23	0.17
Горные тундры										
Дернина, см	-0.29	0.17	-0.11	0.74	<b>-0.61</b>	<b>0.04</b>	-0.25	0.44	-0.09	0.77
Сомкнутость, %	<b>0.73</b>	<b>0.01</b>	0.27	0.40	-0.47	0.12	<b>0.79</b>	<b>0.01</b>	<b>0.71</b>	<b>0.01</b>
Высота кустарников, см	<b>0.60</b>	<b>0.01</b>	-0.10	0.82	-0.56	0.06	0.61	0.06	0.56	0.09
Покрытие, %:										
лишайников	<b>-0.43</b>	<b>0.04</b>	0.24	0.45	0.05	0.89	-0.32	0.31	-0.45	0.14
C. rangiferina	<b>0.54</b>	<b>0.01</b>	0.39	0.21	-0.04	0.89	0.48	0.12	<b>0.66</b>	<b>0.02</b>
Высота над ур.м., м	-0.78	0.01	-0.32	0.31	0.25	0.43	<b>-0.82</b>	<b>0.01</b>	<b>-0.80</b>	<b>0.01</b>

\*Полужирным шрифтом выделены значимые корреляции.

но ( $R^2_{adj}=0.68$ ). Значимых коэффициентов регрессии по конкретным видам в сообществах равнинных тундр не выявлено.

В горных районах основным фактором, определяющим особенности прироста, является высота над уровнем моря ( $\beta$  равен -0.01 ( $R^2_{adj}=0.77$ ) и -0.01 ( $R^2_{adj}=0.79$ ) соответственно для кустарничково-лишайниковых и кустарниковых тундр).

Сопряженное воздействие факторов, оказывающих значимое влияние на скорость роста лишайников в тундровых сообществах, выявлено только для сомкнутости кустарникового яруса и покрытия лишайников.

#### Особенности высоты и возраста живой части подстилки

К росту способна только живая часть подстилки, и чем она больше, тем выше скорость роста лишайникового слоевища (Андреев, 1954). Длина живой части закономерно увеличивается в сообществах

кустарниковых тундр относительно кустарничково-лишайниковых, как на горных, так и на равнинных территориях (рис. 2). Различия по высоте живой части модельных видов в равнинной лесотундре не выявлены. Максимальные различия между типами сообществ характерны для *C. arbuscula* в сообществах горных территорий. Для *C. rangiferina* разница в длине живой части в условиях каждого типа сообществ не выявлена между горными и равнинными районами.

При переходе от кустарниковых тундр к кустарничково-лишайниковым сообществам относительный возраст живой части подстилки *C. rangiferina* снижается на фоне увеличения относительного прироста, что свидетельствует о значительной роли интеркалярного роста отдельных колен подстилки и определяет одну из основных задач дальнейших исследований — выявление годичного интеркалярного прироста слоевищ и пределов его варьирования в процессе роста лишайников.

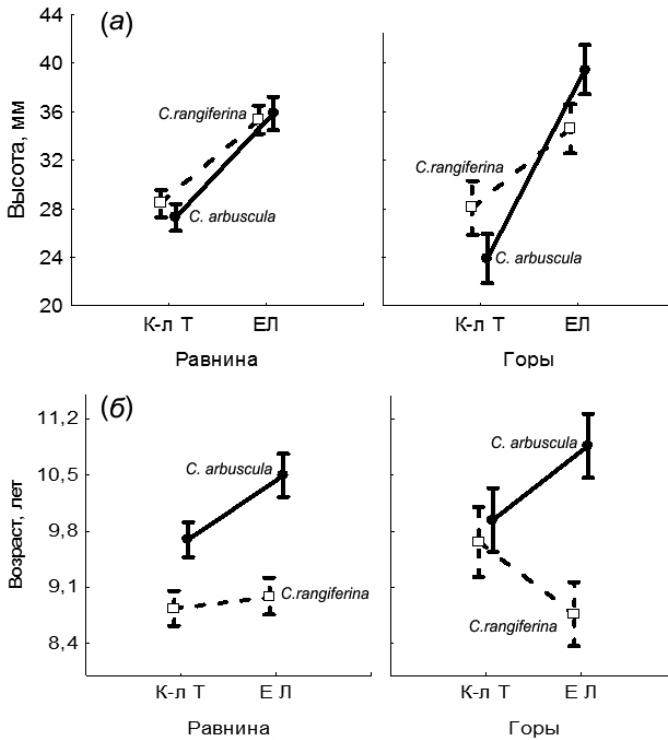


Рис. 2. Высота (а) и возраст (б) живой части слоевищ модельных видов лишайников в сообществах равнинных и горных тундр. а — высота живой части ( $F(1,86)=2.37$ ;  $p=0.13$ ); б — возраст живой части ( $F(1,86)=1.56$ ;  $p=0.22$ ); вертикальные штрихи  $\pm SE$ .

## ВЫВОДЫ

1. Выявлены основные факторы, определяющие варьирование скорости роста модельных видов лишайников:

– территориальная приуроченность: при переходе от зональных сообществ лесотундры к интразональной горной растительности наблюдается общая тенденция снижения величины относительного прироста;

– особенности структуры сообществ нарушают эту тенденцию, поэтому в первую очередь необходимо учитывать высоту кустарникового яруса и покрытие видов покровообразующих лишайников;

– в сообществах горных кустарничково-лишайниковых тундр значительный вклад в изменчивость прироста вносит высота над уровнем моря;

– требования видов к экологическим условиям обуславливают не только их различия в локальном и региональном распространении, но и особенности роста лишайников в конкретных условиях среды.

2. Вклад особенностей нанорельефа (в т.ч. мощность дернины, доля мхов, приуроченность к бугоркам или ложбинкам и т.п.) в изменчивость относительного прироста лишайников модельных видов незначителен. Это отличает тундровые и лесотундровые сообщества от сообществ северной тайги, где микроусловия среды обитания сильнее влияют на прирост лишайников, чем тип растительного сообщества (Толпышева и др., 2003).

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 12-04-31751) и Программы РАН (проект 12-П-4-1043).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Андреев В.Н. Прирост кормовых лишайников и приемы его регулирования // Тр. БИН. АН СССР. Сер. 3. Геоботаника. 1954. Вып. 9. С. 11–74.
- Городков Б.Н. Итоги изучения прироста лишайников // Сов. оленеводство. 1936. Вып. 8. С. 87–113.
- Вуколов Э.А. Основы статистического анализа. М.: Изд-во «Форум», 2008. 464 с.
- Салазкин А.С. Быстрота роста кормовых лишайников // Сов. оленеводство. 1937. Вып. 11. С. 43–53.
- Толпышева Т.Ю., Тимофеева А.К., Еськова А.К. Рост лишайников рода *Cladonia* и мха *Pleurozium schreberi* в сосновых лесах на побережье Белого моря // Бот. журн. 2003. № 88 (7). С. 27–41.
- Lechowicz M.J., Adams M.S. Ecology of *Cladonia lichens*. II. Comparative physiological ecology of *C. mitis*, *C. rangiferina*, and *C. uncialis* // Can. J. Bot. 1974. № 52. P. 411–422.
- Tegler B., Kershaw K.A. Studies on lichen-dominated systems. XXIII. The control of seasonal rates of net photosynthesis by moisture, light, and temperature in *Cladonia rangiferina* // Can. J. Bot. 1980. V. 58. P. 1851–1858.
- Vasander H. The length growth rate, biomass and production of *Cladina arbuscula* and *Cladina rangiferina* in a rized bog in southern Finland // Ann. Bot. Fennici. 1981. № 18. P. 237–243.