

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК  
УРАЛЬСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ  
ИНСТИТУТ ЭКОЛОГИИ РАСТЕНИЙ И ЖИВОТНЫХ

# **ЭКОЛОГИЯ: популяция, вид, среда**

МАТЕРИАЛЫ ВСЕРОССИЙСКОЙ  
КОНФЕРЕНЦИИ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ

14 – 18 апреля 2014 г.  
ЕКАТЕРИНБУРГ

УДК 574 (061.3)

Э 40

*Материалы конференции изданы при финансовой поддержке  
Президиума Уральского отделения РАН (проект № 14-4-МШ-32)  
и Российского фонда фундаментальных исследований  
(проект № 14-04-06811).*

**Экология:** популяция, вид, среда. Материалы конф. молодых ученых, 14 – 18 апреля 2014 г. / ИЭРиЖ УрО РАН – Екатеринбург: Гощицкий, 2014. – 176 с.

В сборнике опубликованы материалы Всероссийской конференции молодых ученых «Экология: популяция, вид, среда». Мероприятие проходило в Институте экологии растений и животных УрО РАН с 14 по 18 апреля 2014 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 978-5-98829-047-6

© Авторы, 2014

© ИЭРиЖ УрО РАН, 2014

© Оформление. Издательство «Гощицкий», 2014

# ДИНАМИКА ПРИРОСТА И ПРОДУКТИВНОСТИ КУСТИСТЫХ ЛИШАЙНИКОВ В ХОДЕ ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ СУКЦЕССИЙ

С.Ю. Абдульманова

Институт экологии растений и животных УрО РАН, Екатеринбург

*Ключевые слова: кустисторазветвленные лишайники, относительный прирост, первичная продукция, пожары, выпас.*

Изучение скорости роста кустистых лишайников необходимо для понимания особенностей существования, функционирования и развития сообществ с доминированием лишайников. Данные о динамике прироста и продуктивности лишайников в ходе различных сукцессий позволяют оценить перспективы развития лишайниковых сообществ на территориях с разной степенью нарушения, определить сроки восстановления продукционного потенциала ценных кормовых видов лишайников, так как первичная продукция напрямую зависит от особенностей ростовых процессов и покрытия ценных кормовых видов (Салазкин, 1937; Thomas, 1996).

Территория Западной Сибири удобна для изучения сукцессий в лишайниковых сообществах, так как огромные площади тундровых и таежных сообществ этой территории подвержены мощным пирогенным и механическим (выпас и рекреация) нарушениям. Это создает основу для оценки влияния различных типов воздействий на скорость роста лишайников, а также определить изменчивость относительного прироста в ходе последующего восстановления. Таким образом, цель данной работы — оценка динамики скорости роста и первичной продукции кустисторазветвленных лишайников в ходе восстановительных пирогенных и пастбищных сукцессий. Для достижения этой цели решались следующие задачи: 1) определить относительный прирост лишайников разновозрастных пирогенных сообществ; 2) рассчитать скорость роста модельных видов лишайников на пастбищных участках и площадках, изъятых из-под интенсивного выпаса; 3) оценить изменение структуры напочвенного и лишайникового покрова в ходе сукцессий; 4) рассчитать продуктивность кустисторазветвленных лишайников на разных этапах восстановления; 5) определить сроки восстановления продукционного потенциала основных кормовых видов лишайников.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В анализ включены данные, полученные при изучении пирогенных сообществ среднетаежных сосновых (*Pinus sylvestris* L.) лишайниковых лесов, произрастающих на песчаных субстратах природного парка «Сибирские Увалы» (Нижевартровский район, Ханты-Мансийский автономный округ). Анализируемый 100-летний возрастной ряд гарей представлен серийными сообществами, характеризующимися различной сомкнутостью, мощностью и массой лишайникового покрова. Для оценки изменения скорости роста лишайников в ходе восстановительных сукцессий на пастбищах проанализированы данные по мониторинговым площадям в пределах северных субарктических травяно-кустарничково-лишайниково-моховых тундр полуострова Ямал, изъятые из-под выпаса в 1993–1995 гг., и их аналоги, произрастающие под воздействием интенсивных пастбищных нагрузок (Магомедова, Морозова, 1997). Повторные описания были сделаны в 2006 и 2013 гг., в 2013 г. также отбирали образцы лишайников для промеров.

Всего выполнено около 70 общих геоботанических описаний, около 270 описаний лишайников (0.0625 м<sup>2</sup>) и промерено более 1000 подцелиев лишайников модельных видов (*Cladonia arbuscula* (Wallr.) Flot, *Cladonia rangiferina* (L.) F. H. Wigg, *Cladonia stellaris* (Opiz) Pouzar & Vězda, *Cladonia stygia* (Fr.) Ruoss.).

Измерение длины подцелиев лишайников, определение размера живой части, возраста и ежегодного прироста кустистых лишайников рода *Cladonia* проводили по методике, предложенной В.Н. Андреевым (1954). Методика расчета первичной продукции кустисторазветвленных видов лишайников подробно описана в работе С.Ю. Абдульмановой и С.Н. Эктовой (2013).

Для оценки значимости факторов, выраженных в номинальной шкале, а также различия скорости роста лишайников отдельных видов и на разных уровнях пространственной приуроченности и этапах восстановления использовали методы дисперсионного (с использованием критерия Фишера) анализа. Вклад параметров среды, измеренных в непрерывной количественной шкале, оценивали построением регрессионных моделей. Взаимосвязь параметров, характеризующих структуру лишайникового покрова и ростовые процессы лишайниковых слоевищ, с давностью нарушения проверяли методом ранговой корреляции Спирмена (Вуколов, 2004).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В ходе восстановительной пирогенной сукцессии в сообществах сосновых лишайниковых лесов подзоны средней тайги значительно меняется структура напочвенного покрова (Абдульманова, 2010). С увеличением возраста гари значимо возрастают покрытие и мощность лишайникового яруса ( $r_s > 0.78$ ;  $p < 0.01$ ), а также покрытие основных модельных видов лишайников, длина их живой части, относительный прирост и продуктивность (табл. 1).

ТАБЛИЦА 1. Изменение высотно-возрастных параметров кустисторазветвленных видов лишайников в ходе пирогенной сукцессии

Возраст гарей, лет	Вид					
	<i>C. arbuscula</i>		<i>C. rangiferina</i>		<i>C. stellaris</i>	
	Хср±SD	min-max	Хср±SD	min-max	Хср±SD	min-max
Относительный прирост, мм/год						
10–20	2.2±0.2	2.0–2.5	2.1±0.4	1.8–2.5	н/д	н/д
25–35	3.5±0.5	2.8–3.9	3.8±1.7	2.9–6.3	4.5±2.7	2.6–6.4
40–60	5.0±0.6	4.1–6.0	5.9±1.5	3.3–8.1	7.2±1.5	5.7–9.3
>70	4.7±0.8	3.7–5.2	6.6±0.6	0.5–0.9	8.0±0.6	0.7–1.0
Высота живой части, мм						
10–20	9.8±1.2	8.6–11.0	8.1±2.5	5.9–10.9	н/д	н/д
25–35	15.7±8.8	5.1–24.9	13.8±5.3	9.4–20.5	22.7±12.8	13.7–31.8
40–60	33.1±4.3	26.7–38.5	37.6±5.4	30.5–44.5	53.0±10.7	43.9–70.4
>70	45.1±3.8	26.0–54.0	41.4±3.3	23.0–75.0	54.1±1.7	35.0–67.0
Процент линейного прироста						
10–20	23	14–61	28	16–58	н/д	н/д
25–35	36	9–156	38	13–143	20	14–24
40–60	21	9–110	20	9–81	15	10–31
>70	11	9–17	18	8–31	15	10–21

Наибольшее изменение значений относительного прироста в ходе пирогенной сукцессии в сообществах средней тайги происходит на гарях до 35 лет, когда скорость роста кустисторазветвленных лишайников возрастает примерно в 1.5–2 раза. На более поздних этапах восстановления (гари 40–100 лет) темпы прироста меняются не столь существенно, а лишайники достигают периода максимального прироста (Андреев, 1954). В то же время ежегодный прирост живой

части подеция постепенно снижается с возрастом лишайникового слоевища, что соответствует данным о динамике скорости роста лишайников в разные периоды жизни (Андреев, 1954; Armstrong, 1974). Так, молодые лишайники растут быстрее, но абсолютные значения прироста невелики, а при достижении наибольших значений скорости роста ежегодная доля прироста снижается.

Продуктивность лишайниковых синузий на горях моложе 35 лет меняется незначительно из-за низкого покрытия кустисторазветвленных лишайников в структуре напочвенного покрова, тогда как на горях 40–60 лет она возрастает примерно в 10 раз, что объясняется большей долей высокопродуктивных видов в лишайносинузиях (табл. 2) и их наибольшим приростом.

ТАБЛИЦА 2. Динамика покрытия и продуктивности кормовых лишайников в ходе пирогенной сукцессии

Возраст гарей, лет	Вид					
	<i>C. arbuscula</i>		<i>C. rangiferina</i>		<i>C. stellaris</i>	
	Хср±SD	min–max	Хср±SD	min–max	Хср±SD	min–max
Покровтие, %						
10–20	8.7±8.2	1.0–32.0	0.1±0.01	0.1–1	н/д	н/д
25–35	8.3±6.6	0.7–20.8	0.8±0.9	0.1–3.1	1.7±4.5	0.1–16.0
40–60	32.2±17.3	4.0–82.1	7.5±8.3	0.1–29.9	16.2±13.5	0.1–55.9
>70	0.7±0.9	0.1–3	2.3±4.1	1.0–9.5	96.1±6.0	85.5–100.0
Продуктивность, г/м <sup>2</sup> ×год						
10–20	0.25±0.23	0.03–0.91	0.05±0.02	0.01–0.09	н/д	н/д
25–35	0.66±0.61	0.03–2.19	0.12±0.17	0.01–0.59	0.30±0.09	0.24–0.37
40–60	4.63±2.71	0.56–13.43	2.53±2.89	0.02–10.17	2.20±1.80	0.37–7.61
>70	0.09±0.11	0.01–0.43	0.74±1.34	0.33–3.13	12.62±0.79	11.23–13.13

На более поздних этапах пирогенной сукцессии первичная продукция кустисторазветвленных лишайников возрастает еще в три раза, что обусловлено не столько изменением структуры лишайникового покрова, сколько сменой доминирующих видов, когда высокопродуктивные *C. arbuscula* и *C. rangiferina*, преобладающие на горях 40–60 лет, сменяются видом с наибольшей продукцией *C. stellaris*.

К основным факторам, обуславливающим изменение значений относительного прироста вдоль рассматриваемого временного ряда,

относятся давность пожара — 25% изменчивости ( $\beta=0.50$ ;  $R^2_{\text{adj}}=0.28$ ;  $p<0.01$ ); мощность лишайниковой дернины — 31% ( $\beta=0.44$ ;  $R^2_{\text{adj}}=0.31$ ;  $p<0.01$ ); покрытие лишайников — 14% ( $\beta=0.38$ ;  $R^2_{\text{adj}}=0.14$ ;  $p<0.01$ ). Они также существенно влияют и на изменение продуктивности модельных видов.

Изучаемые сообщества северных субарктических тундр в настоящее время подвержены интенсивному пастбищному использованию, а на изъятых из-под выпаса мониторинговых площадях уже 20 лет идет восстановление напочвенного покрова, хотя его темпы крайне низкие. Еще в 30–50 годах XX в. указывалось (Игошина, 1937; Андреев, 1954), что для восстановления пастбищных сообществ до уровня, достаточного для оптимального выпаса северных оленей, необходимо 15–20 лет. Однако результаты мониторинга восстановления лишайников на сильно выбитых тундровых пастбищах показывают, что на современном этапе деградации тундровых сообществ этого времени недостаточно, так как покрытие и продуктивность ценных кормовых видов лишайников крайне низкие (табл. 3) даже через 20 лет восстановления (Mogozova, Ektova, 2012). При этом необходимо отметить, что значения относительного прироста за 20 лет, как и на гарях за сходный период, возросли в 1.5–2 раза (табл. 4).

ТАБЛИЦА 3. Изменение покрытия и продуктивности кормовых видов лишайников через 20 лет после изъятия из-под выпаса

Площадки	Вид			
	<i>C. arbuscula</i>		<i>C. rangiferina</i> / <i>C. stygia</i>	
	Хср±SD	min–max	Хср±SD	min–max
Покрытие, %				
Вне загородки	1.2±1.1	0–5	0.8±1.1	0–5
В загородке	3.1±3.4	0–20	2.7±3.2	0–15
Продуктивность, г/м <sup>2</sup> ×год				
Вне загородки	0.25±0.22	0–1.03	0.26±0.35	0–1.56
В загородке	0.94±1.04	0–5.91	1.03±1.15	0–5.44

На фоне высокой мозаичности структуры напочвенного покрова и незначительного покрытия основных кормовых видов лишайников значимых различий продуктивности лишайносинузий между огороженными и неогороженными площадками не выявлено. В то же время первичная продукция отдельных участков на восстанавливаемых площадях может возрастать в 5–6 раз.

ТАБЛИЦА 4. Изменение высотно-возрастных параметров кустисторазветвленных видов лишайников в ходе пастбищной сукцессии за 20 лет

Площадки	Вид			
	<i>C. arbuscula</i>		<i>C. rangiferina</i> / <i>C. stygia</i>	
	Хср±SD	min–max	Хср±SD	min–max
Относительный прирост, мм/год				
Вне загородки	1.6±0.3	1.2–2.3	1.8±0.3	1.2–2.1
В загородке	2.1±0.5	0.9–3.7	2.5±0.7	1.3–3.9
Высота живой части, мм				
Вне загородки	13.4±3.4	8.1–21.8	15.4±4.7	8.2–22.3
В загородке	20.5±8.9	6.2–55.2	22.9±7.2	7.8–37.2
Процент линейного прироста				
Вне загородки	13	10–17	12	8–17
В загородке	11	6–17	11	8–17

Таким образом, в ходе восстановительных сукцессий скорость роста лишайников значительно возрастает уже на начальных этапах (20–35 лет), независимо от фактора нарушения. Однако продуктивность лишайниковых сообществ на этом этапе еще крайне низкая, так как доля ценных кормовых видов в структуре напочвенного покрова невелика. Значительное повышение первичной продукции изучаемых фитоценозов отмечается на участках старше 40–60 лет, когда кустисторазветвленные виды формируют сомкнутый покров.

Выражаю признательность коллегам С.Н. Эктовой и Л.М. Морозовой за предоставленные геоботанические описания и образцы лишайников. Работа выполнена в рамках программы фундаментальных исследований Президиума УрО РАН № 30 «Живая природа: современное состояние и проблемы развития» (проект № 12-П-4-1043).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Абдульманова С.Ю. Особенности восстановления напочвенного покрова в ходе пирогенной сукцессии на песчаных субстратах в лесах Западной Сибири // Мат-лы молод. науч. семинара «Биоразнообразие растительного мира». Екатеринбург, 2010. С. 86–89.
- Абдульманова С.Ю., Эктова С.Н. Соотношение прироста по высоте и по биомассе у кустистых лишайников // Изв. Самарского научного центра РАН. 2013. Т. 15. № 3(2). С. 688–691.
- Андреев В. Н. Прирост кормовых лишайников и приемы его регулирования // Тр. БИН АН СССР. Сер. 3. Геоботаника. 1954. Вып. 9. С. 11–74.



- Вуколов Э.А.* Основы статистического анализа. М.: Форум, 2004. 464 с.
- Салазкин А.С.* Быстрота роста кормовых лишайников // Советское оленеводство. 1937. Вып. 11. С. 43–53.
- Игошина К.Н.* Рост кормовых лишайников на Приуральском Севере // Тр. НИИ поляр. землед., животновод. и промысл. хозяйства. Сер. «Оленеводство». 1939. Вып. 4. С. 7–28.
- Магомедова М.А., Морозова Л.М.* Растительный покров // Мониторинг биоты полуострова Ямал в связи с развитием объектов добычи и транспортировки газа. Екатеринбург, 1997. С. 11–99.
- Armstrong R.A.* Growth phases in the life of a lichen thallus // *New Phytologist*. 1974. V. 73. P. 913–918.
- Morozova L.M., Ektova S.N.* Recovery of lichen tundra vegetation after overgrazing in the north of Western Siberia // Polar ecology conference 2012: Abstract & Contact list, 30 September – 4 October 2012, Ceske Budejovice, Czech Republic. P. 90–91.
- Thomas D.C., Barry S.J., Alaie G.* Fire — caribou — winter range relationships in northern Canada // *Rangifer*. 1996. V. 2. № 16. P. 57–67.