

УДК 582.29 – 026.53:57.014 (470.1)

ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ БИОМАССЫ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ ЛИШАЙНИКОВ БОРЕАЛЬНОЙ ЗОНЫ НА ЕВРОПЕЙСКОМ СЕВЕРО-ВОСТОКЕ

© 2016 Г.Н. Табаленкова, И.В. Далькэ, Т.К. Головки

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

Статья поступила в редакцию 17.05.2016

Приведены данные о содержании органического углерода, кислорода, водорода, основных макро- и микроэлементов в талломах 17 видов лишайников, обитающих в средней тайге на территории Республики Коми. Содержание С, Н и О в сухой массе талломов составляло 35–42, 44–50 и 6–7% соответственно и не зависел от типа фотобионта. Концентрация минеральных элементов варьировала в широких пределах. По накоплению в талломах макроэлементы составляли ряд $N > K > P > Ca > Mg$. Содержание азота изменялось в широких пределах, от 0,4 до 4%, и было на порядок больше по сравнению с другими макроэлементами. Лишайники с цианопрокариотами накапливали больше N, P и K, чем лишайники с зеленой водорослью в качестве фотобионта. Выявлены корреляционные связи для пар макро- (K – P, K – N, P – N, Mg – Ca, Mg – K) и микроэлементов (Fe – Al, Cd – Cu, Cu – Fe, Cu – Al). Тяжелые металлы присутствовали в талломах в низких концентрациях, что свидетельствует об отсутствии угрозы аэротехногенного загрязнения исследованных местообитаний. Полученные результаты дополняют и углубляют характеристику лишайнобиоты, могут быть использованы в целях биоиндикации окружающей среды и для оценки роли лишайников в минеральных циклах бореальных экосистем.

Ключевые слова: лишайник, элементный состав, макро- и микроэлементы, азот, углерод, фотобионт, бореальный лес, Европейский Северо-Восток

Лишайники являются неотъемлемым компонентом многих экосистем и растительных сообществ. По разным оценкам в мире их насчитывается от 17 до 20 тыс. видов [10]. Лишайники способны выживать и восстанавливать свои функции в экстремально суровых условиях. Они существенно влияют на функционирование наземных экосистем, участвуют в почвообразовании, поддержании водного и теплового баланса в лесах и тундрах. Разнообразие и распространение лишайников в значительной степени определяется экологическими условиями (климат, наличие влаги, доступность определенных субстратов и т.д.).

Лишайники – двух- или трехбионтная система, в состав которой входит мицелиальный микобионт и одноклеточный или нитчатый фотобионт. Микобионт доминирует в лишайниках, на его долю приходится до 90% биомассы, он определяет габитус таллома [10]. Наиболее распространенными группами лишайниковых фотобионтов являются зеленые водоросли и цианопрокариоты [6]. Цианопрокариоты, помимо ассимиляции CO_2 , способны к биологической азотфиксации и обеспечивают микобионт восстановленным азотом. Фотобионт снабжает гриб органическим углеродом, микобионт обеспечивает водоросль водой и некоторыми минеральными элементами. Между мико- и фотобионтом осуществляется постоянный обмен веществами [4]. Для лишайников в целом и для каждого из их компонентов в отдельности характерен особый тип метаболизма, во многом отличающийся от свободноживущих грибов и водорослей.

Лишайники – пойкилогидрические организмы, которые не способны регулировать водный обмен. Содержание воды в них зависит в основном от влажности воздуха. Они сорбируют воду и растворенные минеральные соли всей поверхностью таллома. Хотя

зольность лишайников ниже, чем растений (в большинстве случаев не превышает 1%), некоторые элементы могут накапливаться в значительных количествах, что обусловлено наличием этих элементов в природных и антропогенных источниках. По сравнению с почвой, атмосферные источники, как правило, содержат меньше зольных элементов, но лишайники способны поглощать их из осадков, пыли, газов и концентрировать в талломах.

Различают три основных механизма поглощения: экстрацеллюлярный ионный обмен, интрацеллюлярное (внутриклеточное) накопление и улавливание частиц. Таллом лишайников имеет свойства катионообменника. Поглощение катионов осуществляется пассивно, путем обратимого присоединения к отрицательно заряженным группам на клеточной стенке и внешней стороне плазматической мембраны. Известно, что поступление других положительно заряженных ионов может заместить первичный катион на экстрацеллюлярных сайтах обмена в зависимости от их сродства к анионным позициям и концентраций поступающих элементов. По-видимому, основная часть катионов локализуется на клеточных стенках грибных гиф. Катионы могут проникать в клетки мико- и фотобионта путем активного транспорта через мембрану. Однако данных о соотношении количества экстра- и интрацеллюлярных элементов в талломах лишайников очень скудные. Сообщается, что во внеклеточной среде локализуются преимущественно элементы с высоким сродством к лигандам клеточных стенок.

В литературе имеются довольно разрозненные сведения о фоновом содержании элементов в лишайниках из относительно незагрязненной среды. Внимательное исследование больше сосредоточено на изучении элементного состава талломов в городах и промышленных районах [3, 5, 13]. Высказано мнение, что при сходных климатических условиях обитания [5, 7, 10] содержание элементов в талломах лишайников может зависеть от субстрата, на котором они обитают, однако прямые доказательства влияния субстрата на элементный состав лишайников отсутствуют [2]. Большинство имеющихся данных по элементному составу

Табаленкова Галина Николаевна, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник. E-mail: tabalenkova@ib.komisc.ru
Далькэ Игорь Владимирович, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник. E-mail: dalke@ib.komisc.ru
Головки Тамара Константиновна, доктор биологических наук, профессор, заведующая лабораторией. E-mail: golovko@ib.komisc.ru

лишайников собраны в процессе биомониторинга аэротехногенного загрязнения окружающей среды.

В настоящее время для таежной зоны Республики Коми (РК) известно 866 видов лишайников. Бореальный характер лишенобиоты проявляется в спектре ведущих по численности родов. Высокое положение в нем занимают такие типичные для таежных лесов роды как *Cladonia*, *Lecanora*, *Caloplaca*, *Peltigera*, *Micarea*, *Lecidea* [9]. Большая часть видов относится к родам *Peltigera* и *Cladonia*. В бореальных лесах создаются благоприятные для лишайников условия обитания. Они поселяются на ветвях и стволах живых деревьев, часто встречаются на мертвой древесине и в напочвенном покрове.

Цель работы: изучить содержание макро- и микроэлементов в талломах лишайников бореальной зоны РК.

Объектами служили 17 видов лишайников разной жизненной формы, экологической группы (по отношению к субстрату) и имеющие в своем составе

различные фотобиоты (табл. 1). Образцы талломов отбирали в летний период 2014-2015 гг. в подзоне средней тайги. Пробы очищали от старых и мертвых тканей, частичек почвы, кусочков коры и других посторонних материалов. Субстраты, на которых произрастали исследованные виды лишайников, характеризовались слабо кислой или нейтральной реакцией, pH водной вытяжки в пределах 5,6-6,9.

Азот и углерод определяли в сухих, измельченных пробах на элементном CHNS-O анализаторе (EA-1110 Италия). Микро- и макроэлементы после минерализации проб с применением метода оптической эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой на приборе «SPECTRO CIROS-CCD». Определения проводили по аттестованным методикам в экоаналитической лаборатории Института биологии в двух аналитических и трех биологических повторностях. В таблицах приведены границы интервала абсолютной погрешности при $P=0,95$.

Таблица 1. Эколого-биологическая характеристика исследованных видов лишайников

№ п/п	Вид	Жизненная форма	Экологическая группа (по отношению к субстрату)	Зеленая водоросль / Цианобактерии
1	<i>Cetraria islandica</i>	кустистый	эпигейный	+/-
2	<i>Cladonia rangiferina</i>	кустистый	эпигейный	+/-
3	<i>Cladonia stellaris</i>	кустистый	эпигейный	+/-
4	<i>Parmelia sulcata</i>	листоватый	эпифитный	+/-
5	<i>Platismatia glauca</i>	листоватый	эпифитный	+/-
6	<i>Stereocaulon condensatum</i>	кустистый	эпигейный	+/-
7	<i>Lobaria pulmonaria</i>	листоватый	эпифитный	+/-
8	<i>Peltigera aphthosa</i>	листоватый	эпигейный	+/+
9	<i>Peltigera leucophlebia</i>	листоватый	эпигейный	+/+
10	<i>Peltigera canina</i>	листоватый	эпигейный	-/+
11	<i>Peltigera malacea</i>	листоватый	эпигейный	-/+
12	<i>Peltigera membranacea</i>	листоватый	эпигейный	-/+
13	<i>Peltigera neopolydactyla</i>	листоватый	эпигейный	-/+
14	<i>Peltigera ponoiensis</i>	листоватый	эпигейный	-/+
15	<i>Peltigera praetextata</i>	листоватый	эпигейный	-/+
16	<i>Peltigera rufescens</i>	листоватый	эпигейный	-/+
17	<i>Peltigera scarbosa</i>	листоватый	эпигейный	-/+

Влияния фотобионта (зеленые водоросли, и/или цианобактерии) в талломе и принадлежность лишайника к определенной экологической группе на накопление макроэлементов лишайников оценивали с помощью однофакторного дисперсионного анализа (ANOVA), при уровне значимости $\alpha=0,05$. Органогенные элементы C, H и O являются результатом ассимиляционной деятельности фотобионта. Их содержание в сухой массе талломов исследованных лишайников составляло 35-42%, 44-50% и 6-7%, соответственно и не зависело от типа фотобионта. Коэффициент вариации не превышал 8%, что свидетельствует о довольно стабильном элементном составе органического вещества талломов разных видов лишайников.

Биомасса лишайников в сообществах с их участием варьирует от нескольких грамм до 1,5 кг/м². Типичные величины для лишайниковых сообществ составляют 200-800 г/м² [8]. По нашим данным в сосняке лишайниковом с высоким проективным покрытием лишайниками рода *Cladonia* в их биомассе депонировалось до 140 г углерода в расчете на м² площади.

В отличие от органического углерода, содержание большинства минеральных элементов в изучаемых образцах изменялось в значительных пределах. Коэффициент вариации содержания в талломах разных видов Ca, Mg, K, P, N при рассмотрении всей выборки колебался в пределах 50-80% (табл. 2). Наиболее выражены различия в накоплении кальция и магния. По накоплению

в лишайниках макроэлементы составляли ряд $N > K > P > Ca > Mg$. При этом концентрация азота в талломах всех видов была почти на порядок больше, чем других элементов. Концентрация азота в талломах варьировала в зависимости от вида, и находилась в пределах 4-40 мг/г сухой массы. Довольно низким содержанием азота, 4-6 мг/г характеризовались виды рода *Cladonia* и *Cetraria islandica*, которые играют заметную роль в напочвенном покрове бедных азотом сосняков-беломошников. Сравнительно высоким накоплением азота, 20 мг/г и более, отличались все лишайники, содержащие цианобактерии. Среди них особенно выделялись представители рода *Peltigera* (*P. scarbosa*, *P. ponoiensis*). По содержанию азота в биомассе эти цианолишайники не уступают даже бобовым растениям. Концентрация азота в хлоролишайниках была существенно, в 5-8 раз ниже. Ранее нами было показано, что хлоролишайники характеризовались более низким накоплением азота, но содержали больше хлорофилла в расчете на единицу массы, чем цианолишайники [1]. Можно ожидать, что цианолишайники, способные фиксировать азот из атмосферного воздуха, играют заметную роль в круговороте азота таежных экосистем, где этот элемент является лимитирующим. В обзоре [11] приводятся данные о вкладе лишайников в азотный баланс разных экосистем. Он варьирует в широких пределах, от 0,04 до 40 кг/га год.

Таблица 2. Вариабельность накопления макроэлементов в талломах лишайников

	Показатели	Ca	Mg	K	P	N
вся выборка	средняя, мг/г сухой массы	2,6	0,9	5,1	1,3	20,5
	стандартное отклонение	2,0	0,7	2,8	0,7	14,2
	коэффициент вариации, %	81	80	55	53	69
Род <i>Peltigera</i>	средняя, мг/г сухой массы	2,5	1,1	7,2	1,7	32,5
	стандартное отклонение	1,8	0,9	1,5	0,5	6
	коэффициент вариации, %	72	75	21	28	18
Фотобионт – зеленая водоросль	средняя, мг/г сухой ассы	2,6	0,6	2,9	0,8	8,3
	стандартное отклонение	2,5	0,4	1,7	0,5	5,7
	коэффициент вариации, %	96	65	59	59	69
Фотобионт – зеленая водоросль+ цианобактерии	средняя, мг/г сухой массы	1,9	0,7	6,1	1,6	23
	стандартное отклонение	0,5	0,1	0,6	0,3	1,1
	коэффициент вариации, %	26	14	9	19	5
Фотобионт – цианобактерии	средняя, мг/г сухой массы	2,7	1,2	7,5	1,8	34,8
	стандартное отклонение	2,0	0,9	1,5	0,5	3,9
	коэффициент вариации, %	74	75	20	27	11

Дисперсионный анализ (ANOVA) показал, что, несмотря на значительную вариабельность, содержание N, P, K в талломах лишайников больше зависело от типа фотобионта, чем от жизненной формы или принадлежности к экологической группе (табл. 3). Концентрация этих элементов, особенно азота, была выше в лишайниках с цианопрокариотами в качестве фотобионта, поэтому, если в выборку включали только дан-

ные для видов рода *Peltigera*, величины коэффициента вариации содержания минеральных элементов заметно снижались. Для совокупности исследованных видов лишайников были показаны статистически значимые положительные корреляции для пар элементов: K – P ($R=0,84$), K – N ($R=0,93$), P – N ($R=0,77$), Mg – Ca ($R=0,55$), Mg – K ($R=0,55$).

Таблица 3. Макроэлементный состав лишайников, мг/г сухой массы

Вид	Ca	Mg	K	P	N
<i>Cladonia rangiferina</i>	0,76±0,23	0,18±0,05	1,2±0,5	0,43±0,13	5,3±1,0
<i>Cladonia stellaris</i>	0,69±0,21	0,17±0,05	1,0±0,4	0,36±0,11	4,4±0,8
<i>Cetraria islandica</i>	0,98±0,29	0,22±0,06	1,7±0,7	0,37±0,11	3,5±0,6
<i>Parmelia sulcata</i>	8,6±2,6	1,20±0,40	4,1±1,6	1,6±0,5	7,1±1,3
<i>Platismatia glauca</i>	2,0±0,6	0,70±0,28	4,1±1,7	1,3±0,4	6,9±1,2
<i>Stereocaulon condensatum</i>	3,0±0,9	0,94±0,28	2,5±1,0	0,7±0,2	10,2±1,8
<i>Lobaria pulmonaria</i>	2,4±0,7	0,85±0,26	5,8±2,3	1,2±0,4	21,0±4,0
<i>Peltigera aphthosa</i>	1,4±0,4	0,78±0,23	6,7±2,7	1,3±0,4	24,0±4,0
<i>Peltigera leucophlebia</i>	2,4±0,7	0,70±0,2	5,6±2,2	1,9±0,6	22,0±4,0
<i>Peltigera malacea</i>	1,5±0,4	0,41±0,12	4,6±1,8	1,1±0,3	27,1±1,8
<i>Peltigera membranacea</i>	3,7±1,1	1,40±0,40	9,0±4,0	1,6±0,5	36,1±2,4
<i>Peltigera canina</i>	6,3±1,9	1,10±0,3	8,0±3,0	2,7±0,8	35,3±2,4
<i>Peltigera neopolydactyla</i>	0,7±0,2	0,67±0,20	5,5±2,2	1,3±0,4	35,2±2,4
<i>Peltigera praetextata</i>	1,3±0,4	0,94±0,28	8,0±3,0	1,7±0,5	35,2±2,4
<i>Peltigera rufescens</i>	4,9±1,5	3,40±1,00	8,0±3,0	1,7±0,5	31,2±2,1
<i>Peltigera scarbosa</i>	0,7±0,2	0,72±0,21	9,0±4,0	1,7±0,5	39,6±2,6
<i>Peltigera ponojensis</i>	2,3±0,7	0,88±0,26	8,0±3,0	2,5±0,8	39,0±2,6
Влияние фотобионта <i>F</i>	0,02	2,16	18,32	13,1	49,06
<i>p</i>	0,88	0,16	0,001	0,002	0,000
Влияние экологической группы <i>F</i>	2,55	0,02	0,29	0,011	2,56
<i>p</i>	0,131	0,962	0,59	0,971	0,131

Примечание: *F* – величина критерия Фишера, *p* – величина вероятности ошибки при отклонении нулевой гипотезы. Жирным шрифтом выделены статистически значимые результаты дисперсионного анализа (ANOVA) для уровня значимости 0,05

В талломах всех видов лишайников присутствовали катионы Fe, Al, Mn, Na, Zn, Cu и Cd (табл. 4). Их содержание сильно варьировало в зависимости от вида лишайника. Наиболее высоким содержанием Fe и Al отличались талломы *Peltigera rufescens* и *Stereocaulon condensatum*. Концентрация этих металлов в талломах составляла 0,3-1,0% сухой массы. По данным [14] содержание Fe в талломах *Peltigera rufescens* на урбанизированных территориях вблизи промышленных производств достигало 9%. Сравнительно высокое содержание Na (около 700 мкг/г) было обнаружено нами в талломах *Peltigera canina*. По данным [12] концентрация Na в талломах лишайников, обитающих в зоне воздействия морских аэрозолей, на порядок выше. Содержание Cu в

талломах бореальных лишайников варьировало в пределах от 1 (*Cetraria islandica*) до 16 мкг/г (*Peltigera rufescens*), а Cd не превышало 1 мкг/г (*Parmelia sulcata*). Полученные данные свидетельствуют о высокой вариабельности содержания микроэлементов даже среди видов одного рода. Так, среди представителей *Peltigera* есть виды (*Peltigera scarbosa*, *Peltigera neopolydactyla*), характеризующиеся относительно низким накоплением железа, алюминия, меди и виды (*Peltigera rufescens*), накапливающие эти элементы в десятки раз больших количествах.

Дисперсионный анализ не выявил связи между содержанием микроэлементов и типом фотобионта или принадлежностью к экологической группе по

приуроченности к субстрату. Для всей совокупности лишайников были показаны статистически значимые положительные корреляции для пар элементов: Fe – Al ($R=0,99$), Cd – Cu ($R=0,71$), Cu – Fe ($R=0,75$), Cu – Al ($R=0,76$). Судя по сравнительно низкому накоплению в

исследованных лишайниках тяжелых металлов можно исключить воздействие фактора аэротехногенного загрязнения среды на местообитания. Полученные величины следует рассматривать как фоновые для бо-реальной зоны.

Таблица 4. Микроэлементный состав лишайников, мг/кг сухой массы

Вид	Cu	Cd	Zn	Mn	Fe	Al	Na
1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Parmelia sulcata</i>	7,7±1,5	0,7±0,4	132±26	71±21	360±100	350±90	61±24
<i>Platismatia glauca</i>	3,2±0,6	0,2±0,08	48±10	140±40	410±110	380±100	210±90
<i>Cetraria islandica</i>	1,1±0,2	<0,10	31±6	100±30	140±40	96±25	150±60
<i>Stereocaulon condensatum</i>	3,8±0,8	0,1±0,06	21±4	75±22	3000±800	3700±1000	69±28
<i>Lobaria pulmonaria</i>	2,7±0,5	0,2±0,10	46±9	110±30	140±40	140±40	80±30
<i>Cladonia stellaris</i>	1,3±0,25	<0,10	20±4	100±30	110±30	140±40	23±9
<i>Cladonia rangiferina</i>	2,0±0,4	<0,10	20±4	100±30	460±130	170±40	28±11
<i>Peltigera leucophlebia</i>	5,5±1,1	0,1±0,06	25±5	52±16	850±240	800±210	90±40
<i>Peltigera aptosa</i>	3,6±0,7	0,3±0,1	39±8	92±28	440±120	410±110	110±40
<i>Peltigera malacea</i>	4,2±0,8	0,2±0,08	33±7	90±27	360±100	410±110	80±30
<i>Peltigera canina</i>	6,4±1,3	0,3±0,1	57±14	76±23	290±80	230±60	680±270
<i>Peltigera membranacea</i>	9,3±1,9	0,8±0,4	67±13	55±17	150±40	130±30	90±40
<i>Peltigera rufescens</i>	16±3	0,5±0,2	38±8	210±60	7000±2000	10200±2600	270±110
<i>Peltigera neopolydactyla</i>	2,7±0,5	0,1±0,06	40±8	44±13	61±17	60±16	200±80
<i>Peltigera ponofensis</i>	4,5±0,9	0,4±0,20	58±12	190±60	110±30	105±27	130±50
<i>Peltigera scarbosa</i>	3,0±0,6	0,1±0,06	96±19	64±19	71±20	57±15	130±50
<i>Peltigera praetextata</i>	2,8±0,6	0,2±0,10	34±7	39±12	92±26	72±19	330±130
Влияние F	1,980	1,364	0,340	0,07	0,096	0,210	3,661
фотобионта p	0,197	0,161	0,569	0,932	0,761	0,653	0,075
Влияние экологиче- ской группы F	0,007	0,788	3,951	0,237	0,317	0,299	0,267
p	0,963	0,389	0,065	0,633	0,582	0,593	0,613

Выводы: нами получены оригинальные данные об элементном составе талломов лишайников бореальной зоны. Выявлена существенная межвидовая изменчивость в накоплении минеральных элементов, тогда как вариабельность содержания органического углерода была низкой. Установлено наличие положительной связи между уровнем накопления N, P, K и типом фотобионта. Содержание этих элементов было выше в лишайниках с цианобактерией, чем с зеленой водорослью. Такие факторы, как жизненная форма и экологическая группа по отношению к субстрату не имели значимого влияния. Выявлены корреляционные связи для пар макроэлементов (K – P, K – Na, P – Na, Mg – Ca, Mg – K) и микроэлементов (Fe – Al, Cd – Cu, Cu – Fe, Cu – Al). Результаты исследования дополняют и углубляют характеристику видового разнообразия лишайников, могут быть использованы в целях биоиндикации окружающей среды и для оценки роли лишайников в минеральных циклах бореальных экосистем.

Авторы признательны Т.Н. Пыстиной и Н.А. Семеновой за помощь в определении видов лишайников.

Работа выполнена в рамках Программы фундаментальных исследований Президиума РАН по направлению «Живая природа: современное состояние и проблемы развития» (проект 15-12-4-4)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

- Головко, Т.К. Фотосинтетические пигменты и азот в талломах лишайников бореальной флоры / Т.К. Головко, О.В. Дымова, Г.Н. Табаленкова, Т.Н. Пыстина // Теоретическая и прикладная экология. 2015. № 4. С. 38–44.
- Баргальи, Р. Биогеохимия наземных растений. Монография. – М.: ГЕОС, 2005. 457 с.
- Бязров, Л.Г. Лишайники в экологическом мониторинге. Монография. – М.: Научный мир, 2002. 336 с.
- Вайнштейн, Е.А. Регуляторные механизмы лишайникового симбиоза // Успехи современной биологии. 1990. Т. 109. Вып.2. С. 311–320.
- Вершинина, С.Э. Элементный состав лишайников *P. cetraria*, из различных регионов России / С.Э. Вершинина, К.Е. Вершинин, О.Ю. Кравченко и др. // Химия растительного сырья. 2009. №1. С. 141–146.
- Войцехович, А.А. Фотобионты лишайников, I: разнообразие, экологические особенности, взаимоотношения и пути совместной эволюции с микобиотом / А.А. Войцехович, Т.И. Михайлюк, Т.М. Дариенко // Альгология. 2011. Т. 21. С.3–26.
- Инсаров, Г.Э. Оценка чувствительности лишайников к изменению климата // Г.Э. Инсаров, И.Д. Инсарова // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. 2000. Т. 17. С. 106–121.
- Онищенко, В.Г. Функциональная фитоценология: Синэкология растений. Монография. – М.: КРАСАНД, 2013. 576 с.
- Пыстина, Т.Н. Лишайники таежных лесов Европейского Северо-Востока (подзоны южной и средней тайги). – Екатеринбург: УрО РАН, 2003. 239 с.
- Флора лишайников России: Биология, экология, разнообразие, распространение и методы изучения лишайников. Монография. отв. ред. М.П. Андреев, Д.Е. Гимельбрант. – М., СПб.: Товарищество научных изданий КМК, 2014. 392 с.
- Nash III, T.H. Nutrients, elemental accumulation, and mineral cycling // Lichen biology. Ed. Nash III T.N. Camb.Univ.Press, 2008. P. 234–251.
- Nieieboer, E. Mineral uptake and release by lichens: an overview / E. Nieieboer, D.H.S., Richardson, F.D. Tomassini // Bryologist. 1978. №81. P. 226–246.

13. Reimann, C. Chemical elements in the environment / C. Reimann, R. Caritat // Monograph. – Berlin-Heidelberg, 1998. 398 p.
14. Seaward, M.R.D. Performance of *Lecanora muralis* in an urban environment. In Lichenology: Progress and Problems. ed. D.H. Brown, D.L. Hawksworth, R.H. Bailey. – London: Academic Press, 1976. P. 323-357.

BIOMASS ELEMENTAL COMPOSITION OF SOME LICHEN SPECIES IN THE BOREAL ZONE OF EUROPEAN NORTH-EAST

© 2016 G.N. Tabalenkova, I.V. Dalke, T.K. Golovko

Institute of Biology Komi Science Centre UrB RAS

The data on the content of organic carbon, oxygen, hydrogen, macro - and microelements in the thalli of 17 lichen species in the middle taiga on the territory of the Komi Republic were presented. The contents of C, H and O in dry weight of thalli were 35-42, 44-50 and 6-7% respectively, and did not depend on the photobiont type. The concentrations of the nutrients were varied widely. Maximal nitrogen concentration was 40 mg and minimal was about 4 mg /g dry mass. The concentrations of other macronutrients were ten times lower. Cyanolichens accumulated more N, P and K than that of chlorolichens. The correlations for pairs of macro- (K – P, K – N, P – N, Mg – Ca, Mg – K) and microelements (Fe – Al, Cd – Cu, Cu – Fe, Cu – Al) were revealed. The lichen thalli were characterized by low concentrations of heavy metals, that indicate the absence of industrial or urban pollution of the traits investigated habitats. The obtained results complement and deepen the characteristics of the lichen biota, can be used for bioindication of the environment and for an assessment of a the role of lichens in mineral cycle of boreal ecosystems.

Key words: lichen, elemental composition, micro- and macroelements, nitrogen, carbon, photobiont, boreal zone, European North-East

Galina Tabalenkova, Doctor of Biology, Leading Research Fellow. E-mail: tabalenkova@ib.komisc.ru
Igor Dalke, Candidate of Biology, Senior Research Fellow. E-mail: dalke@ib.komisc.ru
Tamara Golovko, Doctor of Biology, Professor, Chief of the Laboratory. E-mail: golovko@ib.komisc.ru