

## ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

# ОЦЕНКА ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА ЯГЕЛЯ КАК ПОТЕНЦИАЛЬНОГО ИСТОЧНИКА МИКРОЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ

С.В. Нехорошев, А.В. Нехорошева, М.Ф. Кот, А.Б. Сабутова

БУ ВО ХМАО-Югры «Ханты-Мансийская государственная медицинская академия»,  
628010, г. Ханты-Мансийск, ул. Мира, 40

**РЕЗЮМЕ.** Слоевница лишайников рода *Cladonia*, благодаря своим антимикробным свойствам, возможно использовать в качестве ценного биосырья для получения серии биоэкстрактов, используемых в косметологии и пищевой промышленности. Проведено исследование на определение содержания токсичных и биогенных 25 элементов: алюминия (Al), бора (B), ванадия (V), железа (Fe), йода (I), калия (K), кадмия (Cd), кальция (Ca), кобальта (Co), кремния (Si), лития (Li), магния (Mg), марганца (Mn), меди (Cu), мышьяка (As), натрия (Na), никеля (Ni), олова (Sn), ртути (Hg), свинца (Pb), селена (Se), стронция (Sr), фосфора (P), хрома (Cr), цинка (Zn) в пробах лишайников и их экстрактов (Ханты-Мансийский автономный округ – Югра). Экстракты из образцов растительного сырья изготавливали методом мацерации, с применением в качестве экстрагентов глицерина, оливкового масла, рапсового масла, используемые производителем для приготовления биоэкстрактов, при температурах, 40 и 90 °С, время экстракции – 24 ч. Выявлено, что в образцах лишайников содержание токсичных элементов и тяжелых металлов в сотни раз ниже ПДК для этих элементов в пищевых продуктах. Представлены аналитические данные об определении некоторых биогенных элементов в лишайниках. Установлено, что представленные для анализа региональным производителем биоэкстрактов образцы ягеля и получаемые из них экстракты при их применении человеком не могут рассматриваться в качестве значительного источника поступления жизненно важных элементов в организм человека.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** слоевица лишайников, тяжелые металлы, биогенные элементы, токсичность, биоэкстракты.

## ВВЕДЕНИЕ

Для обширной территории Ханты-Мансийского автономного округа – Югры (ХМАО-Югры) характерны обширные болотные и озерные экосистемы, а также лесные массивы темнохвойных и сосновых таежных лесов. Эти территории, кроме прочего, богаты и лишайниками, состав которых представлен 958 видами из 199 родов и 72 семейств (Иванова, 2015; Мингалимова и др., 2016; Yingshu Zhao et al., 2021). При этом наибольшее разнообразие лишайников принадлежит роду *Cladonia* (31,9%) (Толпышева, 2021). В настоящее время данный биоресурс региона используется лишь частично, но имеет большие перспективы в качестве ценного биосырья для получения биоэкстрактов. Благодаря антимикробным свойствам, его можно широко применять в средствах личной гигиены и косметике, пищевой

и фармацевтической промышленности (Yingshu Zhao et al., 2021). Основным требованием, предъявляемым к самому биосырию, является их экологическая чистота, так как известно, что нативные талломы, произрастающие на площадях, загрязненных тяжелыми металлами и/или радионуклидами способны их эффективно сорбировать и накапливать (Седельникова, 2011). Изменение содержания металлов в лишайниках определяется: а) динамикой содержания металлов в атмосферной пыли, изменением геохимических условий, атмосферной миграцией и накоплением металлов (Liu et al., 2016; Zakrzewska, Klimek, 2018; Galanty et al., 2021); б) видовой принадлежностью лишайника; в) местом сбора пробы (Nieboer et al., 1978; Wilkie, La Farge, 2011); г) временным интервалом между отборами проб (Insarova, 1983; Podterob, 2010; Biazrov L., Pel, 2016).

\* Адрес для переписки:

Нехорошева Александра Викторовна  
E-mail: Eav.nehorosheva@hmgma.ru

Цель работы – анализ содержания токсичных (Cd, Pb, Hg, As), биогенных (Se, Ca, Mg, P, K, Na, Li и т.д.) элементов в образцах растительного сырья, в масляных и глицериновом экстрактах лишайников рода *Cladonia*, полученных региональным производителем биоэкстрактов.

В работе проводились лабораторные исследования на определение содержания в исходных образцах лишайников, а также в специально приготовленных экстрактах 25 макро- и микроэлементов (алюминий (Al), бор (B), ванадий (V), железо (Fe), йод (I), калий (K), кадмий (Cd), кальций (Ca), кобальт (Co), кремний (Si), литий (Li), магний (Mg), марганец (Mn), медь (Cu), мышьяк (As), натрий (Na), никель (Ni), олово (Sn), ртуть (Hg), свинец (Pb), селен (Se), стронций (Sr), фосфор (P), хром (Cr), цинк (Zn)) методом масс-спектрометрии.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом исследования являлись слоевища лишайников рода *Cladonia rangiferina* (L.) Wed.

(ягель). Сбор лишайников производили на территории их типичных мест обитания, с двух фоновых участков Сургутского района, в 30 км севернее г. Сургута в летний период времени (июль–август) с 2020 г. Районы сбора являются потенциальными местами заготовки сырья. Для проведения исследований отбирали только живые части слоевищ усредненных образцов. Готовое лишайниковое сырье было собрано, высушено и стандартизировано в соответствии с ГОСТ 13727-68. Экстракты в количестве шести образцов были подготовлены в октябре 2020 г. (табл. 1) в соответствии с ТУ производственного процесса методом мацерации, с применением в качестве экстрагентов глицерина, оливкового масла, рапсового масла, при температурах 40 и 90 °С, время экстракции 24 ч. Также готовили контрольные образцы экстрагентов при аналогичных температурных и временных условиях. Выбор экстрагентов был определен техническими условиями производственного процесса производителя экстрактов.

Таблица 1. Перечень образцов, предоставленных региональным производителем для анализа

Растительный объект (род <i>Cladonia</i> )	Экстракт
Образец № 1	Глицериновый экстракт
	Масляный экстракт (рапсовое масло)
	Масляный экстракт (оливковое масло)
Образец № 2	Глицериновый экстракт
	Масляный экстракт (рапсовое масло)
	Масляный экстракт (оливковое масло)

Таблица 2. Условия работы прибора Nex ION 300D

Параметр	Значение
Мощность	1500 Вт
Охлаждающий поток	18 л/мин
Вспомогательный поток	1,6 л/мин
Распыляющий поток	0,98 л/мин
Система ввода	Концентрический распылитель ESISTPFA и фторопластовая распылительная камера ESIPFA (Elemental Scientific Inc., Omaha, NE 68122, США)
Материал пробоотборных конусов	Платина
Инжектор	ESI, кварцевый, внутренний диаметр 2,0 мм
Поток образца	637 мкл/мин
Поток внутреннего стандарта	84 мкл/мин
Время пребывания на массе и режим сканирования	10–100 мс, прыжки по пикам для всех масс
Циклов сканирования на цикл чтения	1
Циклов чтения на реплику	10
Число реплик	3

Методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-МС) в пробах растительного сырья, экстрактах из растительного сырья и в контрольных образцах растворителей определяли содержание следующих 25 элементов: Al, B, V, Fe, I, K, Cd, Ca, Co, Si, Li, Mg, Mn, Cu, As, Na, Ni, Sn, Hg, Pb, Se, Sr, P, Cr, Zn. Твердые и жидкие пробы растворяли в тefлоновых автоклавах в 10 мл 7%-ной азотной кислоты при температуре 180 °С с помощью микроволновой системы пробоподготовки и полученные растворы разбавляли в 10 раз деионизированной водой. Анализ образца проводили на приборе Nex ION 300D, (Perkin Elmer Inc., Shelton, CT 06484, США), оснащенный газонаполняемой ячейкой системы DRC для удаления интерференций и семипортовым дозирующим клапаном FAST, а также автодозатором ESISCDX4 (Elemental Scientific Inc., Omaha, NE 68122, США). Условия работы прибора представлены в табл. 2.

Систему ИСП-МС подготавливали к работе согласно заводским спецификациям и калибровали путем внешней калибровки по многоэлементным стандартам. Стандарты, содержащие по 0,5, 5, 10 и 50 мкг/л каждого определяемого элемента (Al, B, V, Fe, I, K, Cd, Ca, Co, Si, Li, Mg, Mn, Cu, As, Na, Ni, Sn, Hg, Pb, Se, Sr, P, Cr, Zn), готовили перед началом работы из набора опорных растворов Universal Data Acquisition Standards Kit (#N9306225, Perkin Elmer Inc.) путем разбавления в дистиллированной деионизированной воде, подкисленной 1% HNO<sub>3</sub>. Для учета неполного соответствия матриц образцов и калибровочных растворов по кислотности и вязкости, при анализе применяли внутреннюю стандартизацию «online» по изотопу иттрий-89. Внутренний стандарт, содержащий 10 мкг/л Y, готовили из опорного стандарта иттрия (#N9300167, Perkin Elmer Inc.) на матрице, содержащей 8% 1-бутанол (#1.00988, Merck KGaA), 0,8% Тритон X-100 (Sigma #T9284 Sigma-Aldrich, Co.), 0,02 % гидроксид тетраметил аммония (#20932, Alfa-Aesar, Ward Hill, MA 01835 USA) и 0,02% ЕДТА (Sigma#431788 Sigma-Aldrich, Co). Относительная ошибка определения элементов не превышает 10%.

Полученные данные обрабатывали с помощью программ Microsoft Excel и Statistica 7.0

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты исследования образцов растительного сырья (образцы №№ 1 и 2), в масляных и

глицериновом экстрактах, полученных при температуре 90 °С (образец № 1), а также в примененных для экстракции образцах глицерина, рапсового и оливкового масла представлены в табл. 3.

Определено, что в образце ягеля № 2 большинство определяемых элементов содержатся в больших количествах, чем в образце № 1. Из всех определяемых элементов в ягеле в наибольшей концентрации обнаружены Ca (1753 мкг/г), K (1122 мкг/г), P (269 мкг/г), Mg (267 мкг/г), Na (221 мкг/г) и Fe (191 мкг/г), а в наименьших концентрациях (0,010 мкг/г и менее) – Li, Hg, Se, Sn, Co и Cd.

Расчёт степени концентрирования отдельных элементов в масляных и глицериновом экстрактах, полученных при температуре 90 °С из образца № 1, по сравнению с исходными экстрагентами (табл. 4) показал, что максимальное извлечение элементов из ягеля и их концентрирование в экстрагенте при заданной температуре происходит при использовании глицерина. При экстракции рапсовым маслом концентрирование некоторых элементов в экстрагенте происходит в значительно меньшей степени, а оставшихся – вообще не наблюдается. При экстракции оливковым маслом концентрирование элементов в экстрагенте вообще не происходит и наблюдается снижение их концентрации в экстрагенте, то есть они адсорбируются на ягеле (Nelson et al., 2016; Tabbabi, Karmous, 2016).

Рассмотрим более подробно значение элементов (Корчина, Корчин, 2014; Grimm et al., 2021) и их распределение, в объектах исследования. Важнейшие тестируемые индикаторные катионы внутренней среды организма – ионы Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup> и Mg<sup>2+</sup>. В 1 г ягеля содержится 0,1–0,2% Ca, 0,1–0,5% K, 0,1% Mg, 0,005–0,01% Na от суточной потребности человека в этих элементах. В экстрактах содержание указанных элементов находится значительно ниже, угроза превышения порога токсичности отсутствует.

Наибольшее общее содержание кремния (1557 мкг/г) обнаружено в объекте № 1. В легкоусвояемой водорастворимой форме находится менее 10% кремния, а в спирторастворимой – более 70%.

Результаты определения As, Sr, Cd, Pb и Hg свидетельствуют, что угрозы превышения ПДК по данным элементам как в нативных объектах, так и в их экстрактах отсутствует.

**Таблица 3. Результаты определения элементов в образцах растительного сырья №№ 1 и 2, в масляных и глицериновых экстрактах, полученных при температуре 90 °С из образца № 1, а также в примененных для экстракции образцах глицерина, рапсового и оливкового масла**

Элемент	Содержание элемента, $\frac{C}{A}$ мкг/г							
	Ягель №1	Ягель №2	Глицерин	Глицериновый экстракт ягель №1	Рапсовое масло	Масляный экстракт (рапс.) ягель №1	Оливковое масло	Масляный экстракт (оливк.) ягель №1
Al	$\frac{105}{10,3}$	$\frac{132}{13,0}$	$\frac{0,22}{0,02}$	$\frac{0,79}{0,07}$	$\frac{0,32}{0,03}$	$\frac{0,45}{0,04}$	$\frac{1,05}{0,10}$	$\frac{0,35}{0,03}$
As	$\frac{0,27}{0,03}$	$\frac{0,23}{0,02}$	$\frac{0,001}{0,0001}$	$\frac{0,003}{0,0003}$	$\frac{0,0007}{0,00007}$	$\frac{0,001}{0,0001}$	$\frac{0,003}{0,0003}$	$\frac{0,003}{0,0003}$
Ca	$\frac{1753}{169,5}$	$\frac{1631}{159,1}$	$\frac{5,44}{0,54}$	$\frac{68,63}{6,63}$	$\frac{14,04}{1,4}$	$\frac{23,87}{2,11}$	$\frac{122}{12,1}$	$\frac{11,7}{1,11}$
Cd	$\frac{0,1}{0,01}$	$\frac{0,11}{0,01}$	$\frac{0,00048}{0,000044}$	$\frac{0,001}{0,0001}$	$\frac{0,00048}{0,000045}$	$\frac{0,001}{0,0001}$	$\frac{0,002}{0,0002}$	$\frac{0,00048}{0,000041}$
Co	$\frac{0,05}{0,0045}$	$\frac{0,07}{0,0065}$	$\frac{0,00039}{0,000038}$	$\frac{0,0007}{0,00007}$	$\frac{0,001}{0,0001}$	$\frac{0,0004}{0,00004}$	$\frac{0,005}{0,0005}$	$\frac{0,001}{0,0001}$
Cr	$\frac{1,02}{0,10}$	$\frac{0,89}{0,085}$	$\frac{0,03}{0,003}$	$\frac{0,08}{0,0077}$	$\frac{0,04}{0,004}$	$\frac{0,11}{0,011}$	$\frac{0,9}{0,09}$	$\frac{0,05}{0,005}$
Cu	$\frac{2,44}{0,24}$	$\frac{2,32}{0,23}$	$\frac{0,4}{0,04}$	$\frac{0,4}{0,04}$	$\frac{0,02}{0,002}$	$\frac{0,04}{0,004}$	$\frac{0,28}{0,026}$	$\frac{0,16}{0,014}$
Fe	$\frac{186}{16,7}$	$\frac{191}{19,1}$	$\frac{0,69}{0,07}$	$\frac{1,65}{0,16}$	$\frac{1,0}{0,1}$	$\frac{1,16}{0,11}$	$\frac{2,94}{0,27}$	$\frac{0,74}{0,07}$
Hg	$\frac{0,02}{0,002}$	$\frac{0,03}{0,003}$	$\frac{0,0036}{0,00035}$	$\frac{0,0036}{0,00035}$	$\frac{0,0036}{0,00035}$	$\frac{0,0036}{0,00035}$	$\frac{0,004}{0,0004}$	$\frac{0,0036}{0,00035}$
I	$\frac{0,28}{0,028}$	$\frac{0,58}{0,055}$	$\frac{0,05}{0,005}$	$\frac{0,11}{0,011}$	$\frac{0,08}{0,008}$	$\frac{0,17}{0,016}$	$\frac{0,07}{0,007}$	$\frac{0,05}{0,005}$
K	$\frac{232}{23,1}$	$\frac{1122}{112,1}$	$\frac{1,16}{0,11}$	$\frac{10,87}{1,06}$	$\frac{1,05}{0,1}$	$\frac{0,9}{0,09}$	$\frac{13,37}{1,33}$	$\frac{1,92}{0,19}$
Li	$\frac{0,014}{0,0014}$	$\frac{0,11}{0,011}$	$\frac{0,002}{0,0002}$	$\frac{0,005}{0,0005}$	$\frac{0,003}{0,0003}$	$\frac{0,003}{0,0003}$	$\frac{0,004}{0,0004}$	$\frac{0,004}{0,0004}$
Mg	$\frac{267}{26,5}$	$\frac{254}{25,3}$	$\frac{0,32}{0,03}$	$\frac{7,06}{0,71}$	$\frac{1,78}{0,1}$	$\frac{0,14}{0,01}$	$\frac{2,44}{0,22}$	$\frac{0,64}{0,06}$
Mn	$\frac{19,87}{1,97}$	$\frac{34,06}{3,39}$	$\frac{0,02}{0,002}$	$\frac{0,16}{0,015}$	$\frac{0,05}{0,005}$	$\frac{0,04}{0,004}$	$\frac{0,04}{0,004}$	$\frac{0,03}{0,003}$
Na	$\frac{80,68}{8,05}$	$\frac{221}{22,1}$	$\frac{4,31}{0,43}$	$\frac{9,62}{0,96}$	$\frac{1,75}{0,17}$	$\frac{1,29}{0,12}$	$\frac{12,71}{1,21}$	$\frac{1,29}{0,12}$
Ni	$\frac{0,91}{0,09}$	$\frac{0,57}{0,055}$	$\frac{0,009}{0,0009}$	$\frac{0,02}{0,002}$	$\frac{0,01}{0,001}$	$\frac{0,003}{0,0003}$	$\frac{0,03}{0,003}$	$\frac{0,02}{0,002}$
P	$\frac{193}{19,1}$	$\frac{269}{26,7}$	$\frac{0,9}{0,09}$	$\frac{4,31}{0,43}$	$\frac{8,14}{0,81}$	$\frac{6,67}{0,66}$	$\frac{7,38}{0,72}$	$\frac{0,97}{0,96}$
Pb	$\frac{1,94}{0,19}$	$\frac{1,83}{0,18}$	$\frac{0,004}{0,0004}$	$\frac{0,01}{0,001}$	$\frac{0,005}{0,0005}$	$\frac{0,005}{0,0005}$	$\frac{0,03}{0,003}$	$\frac{0,008}{0,0008}$
Se	$\frac{0,04}{0,004}$	$\frac{0,11}{0,011}$	$\frac{0,0039}{0,0004}$	$\frac{0,006}{0,0006}$	$\frac{0,01}{0,001}$	$\frac{0,003}{0,0003}$	$\frac{0,02}{0,002}$	$\frac{0,03}{0,003}$
Si	$\frac{22,7}{2,21}$	$\frac{24,78}{2,22}$	$\frac{2,56}{0,25}$	$\frac{6,54}{0,65}$	$\frac{5,54}{0,54}$	$\frac{11,42}{1,14}$	$\frac{6,09}{0,59}$	$\frac{3,37}{0,32}$
Sn	$\frac{0,11}{0,01}$	$\frac{0,08}{0,008}$	$\frac{0,003}{0,0003}$	$\frac{0,02}{0,002}$	$\frac{0,01}{0,001}$	$\frac{0,004}{0,0004}$	$\frac{0,02}{0,002}$	$\frac{0,003}{0,0003}$
Sr	$\frac{4,67}{0,45}$	$\frac{3,03}{0,3}$	$\frac{0,006}{0,0006}$	$\frac{0,17}{0,17}$	$\frac{0,03}{0,003}$	$\frac{0,03}{0,003}$	$\frac{0,08}{0,008}$	$\frac{0,01}{0,001}$
V	$\frac{0,26}{0,03}$	$\frac{0,3}{0,03}$	$\frac{0,0005}{0,00005}$	$\frac{0,004}{0,0004}$	$\frac{0,00009}{0,000009}$	$\frac{0,002}{0,0002}$	$\frac{0,003}{0,0003}$	$\frac{0,002}{0,0002}$
Zn	$\frac{23,92}{2,38}$	$\frac{85,42}{8,53}$	$\frac{1,1}{0,11}$	$\frac{1,49}{0,14}$	$\frac{1,16}{0,11}$	$\frac{2,36}{0,23}$	$\frac{16,53}{0,16}$	$\frac{1,67}{0,16}$

Таблица 4. Результаты определения степени концентрирования элемента различными экстрагентами

Элемент	Экстрагент		
	Степень концентрирования элемента глицерином	Степень концентрирования элемента рапсовым маслом	Степень концентрирования элемента оливковым маслом
Al	3,6	1,4	0,3
As	3,0	1,4	1,0
B	12,0	4,8	1,4
Ca	12,6	1,7	0,1
Cd	2,1	2,1	0,2
Co	1,8	0,4	0,2
Cr	2,7	2,8	0,6
Cu	1,0	2,0	0,6
Fe	2,4	1,2	0,3
Hg	1,0	1,0	0,9
I	2,2	2,1	0,7
K	9,4	0,1	0,1
Li	2,5	1,0	1,0
Mg	22,1	0,1	0,3
Mn	8,0	0,8	0,8
Na	2,2	0,7	0,1
Ni	2,2	0,3	0,7
P	4,8	0,8	0,1
Pb	2,5	1,0	0,2
Se	1,5	0,3	0,4
Si	2,6	2,1	0,6
Sn	6,7	0,4	0,2
Sr	28,3	1,0	0,1
V	8,0	22,2	0,7
Zn	1,4	2,0	0,1

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом можно утверждать, что представленные образцы ягеля и получаемые из них экстракты не представляют угрозы превышения порога токсичности по проанализированным элементам для человека при их внутреннем

или наружном употреблении и применении. В тоже время представленные образцы ягеля и получаемые из них экстракты при их применении человеком не могут рассматриваться в качестве значительного источника поступления жизненно важных элементов в организм человека.

## ЛИТЕРАТУРА

- Иванова И.Е. Химический состав лишайников различных районов севера Тюменской области. Электронный научный журнал. 2015; 1 (1): 19–22.
- Инсарова И.Д. Влияние тяжелых металлов на лишайники. Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. 1983; 6: С. 101–113.
- Корчина Т.Я., Корчин В.И. Витамины и микроэлементы: особенности северного региона. Ханты-Мансийск: Издательский дом «Новости Югры», 2014. 516 с.
- Мингалимова А.И., Скоробогатова О.Н., Конева В.В. Состав лишайников в пойме верховий реки Аган (ХМАО-Югра). Вестник НВГУ. 2016; 2: 17–21.

Подтероб А.П. Закономерности накопления металлов лишайниками Березинского биосферного заповедника. Экологический вестник. 2010; 4(14): 29–36.

Седелникова Н.В. Экологические особенности лишайнофлоры Ханты-Мансийского автономного округа – Югры. Сибирский экологический журнал. 2011; 2: 203–214.

Толпышева Т.Ю. Лишайники междуречья Тапат-Еган и Керви-Ягун (ХМАО-Югра, Западная Сибирь). Социально-экологические технологии. 2021; 11(1): 33–53.

Biazrov L., Pel L. Composition and ratio of the chemical elements on the surfaces different by height of reindeer lichen podetia *Cladonia rangiferina*. Principles of the Ecology. 2016; 18: 27–42. 10.15393/j1.art.2016.4983.

Galanty Ag., Węgrzyn M., Wietrzyk-Pelka P., Fołta M, Krośniak M., Podolak Ir., Zagrodzki P. Quantitative variations of usnic acid and selected elements in terricolous lichen *Cladonia mitis* Sandst., with respect to different environmental factors – A chemometric approach. Phytochemistry. 2021; 192: 112948; <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.-2021.112948>.

Grimm M., Grube M., Schiefelbein Ul., Zühlke D., Bernhardt Jör., Riedel K. The Lichens' Microbiota, Still a Mystery? Frontiers in Microbiology. 2021; 12: 714. DOI:10.3389/fmicb.2021.623839

Liu H.J., Fang S.B., Liu S.W., Zhao L.C., Guo X.P., Jiang Y.J., Hu J.S., Liu X.D., Xia Y., Wang Y.D., Wu Q.F. Lichen elemental composition distinguishes anthropogenic emissions from dust storm inputs and differs among species: Evidence from Xilinhot, Inner Mongolia, China. Sci Rep. 2016; Oct 4(6): 34694. doi: 10.1038/srep34694. PMID: 27698382; PMCID: PMC5048157.

Nelson E., Kozin A., Ruiz G., Turner T., Langland J.O. Quality Control of Botanical Tinctures: Endogenous Bacterial Flora Present in Botanical Extractions. J Altern Complement Integr Med. 2016; 2: 012. DOI: 10.24966/ACIM-7562/100012

Nieboer E. et al. Mineral Uptake and Release by Lichens: An Overview. The Bryologist. V. 81, №. 2, American Bryological and Lichenological Society, 1978: 226–46, <https://doi.org/10.2307/3242185>.

Tabbabi K., Karmous T. Characterization and Identification of the Components Extracted from 28 Lichens in Tunisia by High Performance Thin-Layer Chromatography (HPTLC), Morphologic Determination of the Species and Study of the Antibiotic Effects of Usnic Acid. Med Aromat Plants. 2016; 5: 253. DOI:10.4172/2167-0412.1000253

Wilkie D., La Farge C. Bryophytes as Heavy Metal Biomonitors in the Canadian High Arctic, Arctic, Antarctic, and Alpine Research. 2011; 43(2): 289–300. DOI: 10.1657/1938-4246-43.2.289

Yingshu Zhao, Mingfu Wang, Baojun Xu. A comprehensive review on secondary metabolites and health-promoting effects of edible lichen, Journal of Functional Foods. 2021; 80: 104283; <https://doi.org/10.1016/j.jff.2020.104283>.

Zakrzewska M., Klimek B. Trace Element Concentrations in Tree Leaves and Lichen Collected Along a Metal Pollution Gradient Near Olkusz (Southern Poland). Bull Environ Contam Toxicol. 2018; 100: 245–249. <https://doi.org/10.1007/s00128-017-2219-y>

## EVALUATION OF THE ELEMENTAL COMPOSITION OF A LICHEN AS A POTENTIAL SOURCE OF MICRONUTRIENTS

S.V. Nekhoroshev, A.V. Nekhorosheva, M.F. Koł, A.B. Sabutova

Khanty-Mansiysk State Medical Academy,  
Russia, 628010, Khanty-Mansiysk, Mira st., 40

**ABSTRACT.** In light of the possible use of the lichen thallus r. *Cladonia* as a valuable biological raw material for a series of bioextracts used in cosmetology and food industry, a study was carried out to determine the content of toxic and biogenic 25 elements: aluminum (Al), boron (B), vanadium (V), iron (Fe), iodine ( I), potassium (K), cadmium (Cd), calcium (Ca), cobalt (Co), silicon (Si), lithium (Li), magnesium (Mg), manganese (Mn), copper (Cu), arsenic ( As), sodium (Na), nickel (Ni), tin (Sn), mercury (Hg), lead (Pb), selenium (Se), strontium (Sr), phosphorus (P), chromium (Cr), zinc ( Zn) in samples of lichens and their extracts (Khanty-Mansi Autonomous Okrug-Yugra). The production of extracts from samples of plant raw materials was carried out by the maceration method, using glycerin, olive oil, and rapeseed oil as extractants used by the manufacturer for the manufacture of bioextracts at temperatures of 40 and 90 °C, the extraction time is 24 hours. It was determined that in lichen samples the content of toxic elements and heavy metals is hundreds of times lower than the MPC for these elements in food. In addition, the article presents analytical data on the determination of some biogenic elements in lichens. It has been established that reindeer lichen samples presented for analysis by a regional manufacturer of bioextracts and the extracts obtained from them, when used by humans, cannot be considered as a significant source of vital elements entering the human body.

**KEYWORDS:** lichen thallus, heavy metals, biogenic elements, toxicity, bioextracts.

## REFERENCES

- Insarova I.D. Vliyanie tyazhelykh metallov na lishainiki. Problemy ekologicheskogo monitoringa i modelirovaniya ekosistem. L.: Gidrometeoizdat, 1983; 6: 101–113 [In Russ.].
- Ivanova I.E. Khimicheskii sostav lishainikov razlichnykh raionov severa Tyumenskoi oblasti. Elektronnyi nauchnyi zhurnal. 2015; 1(1): 19–22 [In Russ.].
- Korchina T.Ya., Korchin V.I. Vitaminy i mikroelementy: osobennosti severnogo regiona. Khanty-Mansiisk: Izdatel'skii dom «Novosti Yugry», 2014. 516 s. [In Russ.].
- Mingalimova A.I., Skorobogatova O.N., Koneva V.V. Sostav lishainikov v poime verkhovii reki Agan (KhMAO-Yugra). Vestnik NVGU. 2016; 2: 17–21 [In Russ.].
- Podterob A.P. Zakonomernosti nakopleniya metallov lishainikami Berezinskogo biosfernogo zapovednika. Ekologicheskii vestnik. 2010; 4(14): 29–36 [In Russ.].
- Sedel'nikova N.V. Ekologicheskie osobennosti likhenoflory Khanty-Mansiiskogo avtonomnogo okruga – Yugry. Sibirskii ekologicheskii zhurnal. 2011; 2: 203–214 [In Russ.].
- Tolpysheva T.Yu. Lishainiki mezhdurech'ya Tapat-Egan i Kervi-Yagun (KhMAO-Yugra, Zapadnaya Sibir'). Sotsial'no-ekologicheskie tekhnologii. 2021; 11(1): 33–53 [In Russ.].
- Biazrov L., Pel L. Composition and ratio of the chemical elements on the surfaces different by height of reindeer lichen podetia *Cladonia rangiferina*. Principles of the Ecology. 2016; 18: 27–42. 10.15393/j1.art.2016.4983.
- Galanty Ag., Węgrzyn M., Wietrzyk-Pełka P., Fołta M., Krośniak M., Podolak Ir., Zagrodzki P. Quantitative variations of usnic acid and selected elements in terricolous lichen *Cladonia mitis* Sandst., with respect to different environmental factors – A chemometric approach. Phytochemistry. 2021; 192: 112948; <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.-2021.112948>.
- Grimm M., Grube M., Schiefelbein Ul., Zühlke D., Bernhardt Jör., Riedel K. The Lichens' Microbiota, Still a Mystery? Frontiers in Microbiology. 2021; 12: 714. DOI:10.3389/fmicb.2021.623839
- Liu H.J., Fang S.B., Liu S.W., Zhao L.C., Guo X.P., Jiang Y.J., Hu J.S., Liu X.D., Xia Y., Wang Y.D., Wu Q.F. Lichen elemental composition distinguishes anthropogenic emissions from dust storm inputs and differs among species: Evidence from Xilinhot, Inner Mongolia, China. Sci Rep. 2016; Oct 4(6): 34694. doi: 10.1038/srep34694. PMID: 27698382; PMCID: PMC5048157.
- Nelson E., Kozin A., Ruiz G., Turner T., Langland J.O. Quality Control of Botanical Tinctures: Endogenous Bacterial Flora Present in Botanical Extractions. J Altern Complement Integr Med. 2016; 2: 012. DOI: 10.24966/ACIM-7562/100012
- Nieboer E. et al. Mineral Uptake and Release by Lichens: An Overview. The Bryologist. V. 81, №. 2, American Bryological and Lichenological Society, 1978: 226–46, <https://doi.org/10.2307/3242185>.
- Tabbabi K., Karmous T. Characterization and Identification of the Components Extracted from 28 Lichens in Tunisia by High Performance Thin-Layer Chromatography (HPTLC), Morphologic Determination of the Species and Study of the Antibiotic Effects of Usnic Acid. Med Aromat Plants. 2016; 5: 253. DOI:10.4172/2167-0412.1000253
- Wilkie D., La Farge C. Bryophytes as Heavy Metal Biomonitors in the Canadian High Arctic, Arctic, Antarctic, and Alpine Research. 2011; 43(2): 289–300. DOI: 10.1657/1938-4246-43.2.289
- Yingshu Zhao, Mingfu Wang, Baojun Xu. A comprehensive review on secondary metabolites and health-promoting effects of edible lichen, Journal of Functional Foods. 2021; 80: 104283; <https://doi.org/10.1016/j.jff.2020.104283>.
- Zakrzewska M., Klimek B. Trace Element Concentrations in Tree Leaves and Lichen Collected Along a Metal Pollution Gradient Near Olkusz (Southern Poland). Bull Environ Contam Toxicol. 2018; 100: 245–249. <https://doi.org/10.1007/s00128-017-2219-y>