

УДК 574.472:582.29
DOI: 10.26456/vtbio233

СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ЭПИФИТНЫХ ЛИШАЙНИКАХ ЛЕСНЫХ И БОЛОТНЫХ ФИТОЦЕНОЗОВ СРЕДНЕЙ ТАЙГИ*

М.Н. Катаева, А.И. Беляева

Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург

Определены концентрации Ni, Cu, Pb, Cd, Fe, Mn, Zn в лишайниках *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl., *Pseudevernia furfuracea* (L.) Zopf. на ели европейской, сосне обыкновенной и можжевельнике обыкновенном. Лишайники на юго-восточном побережье Ладоги характеризуются низкими концентрациями металлов, которые можно использовать как регионально фоновые.

Ключевые слова: эпифитные лишайники, средняя тайга, болота, *Picea abies*, *Pinus sylvestris*, тяжелые металлы.

Введение. Разнообразие и экологические особенности лишайников региона северо-запада изучены недостаточно. В лесных сообществах вблизи Ладожского озера имеются перспективные охраняемые территории с высоким видовым разнообразием лишайников на можжевельнике (Степанчикова и др., 2015). В данном регионе мало изучено загрязнение лишайников и возможности их сохранения, не известны фоновые концентрации в лишайниках на разных форофитах. Анализ содержания тяжелых металлов в лишайниках в лесных и болотных фитоценозах необходим при изучении разнообразия, установления уровня загрязнения и фоновых концентраций металлов. Лишайники болотных фитоценозов могут более определенно характеризовать условия именно атмосферного питания.

Древесный ярус болотных фитоценозов из-за специфичности режимов болотных местообитаний обычно представлен сильно ослабленными деревьями, на которых редко изучаются лишайники. В настоящее время исследований эпифитных лишайников болотных фитоценозов мало. В основном, работы касаются видового состава и разнообразия эпифитных лишайников на болотах (Толпышева, 2004).

* Исследование выполнено по государственному заданию плановой темы НИР «Разнообразие, динамика и принципы организации растительных сообществ Европейской России» АААА-А19-119030690058-2

Выявлен видовой состав лишайников и его динамика на сухостое сосны в сфагновых сосняках на юге Карелии (Тарасова и др., 2009).

Из-за слабого развития и угнетения древесного яруса, болотные фитоценозы отличаются от лесов на равнине более высоким уровнем освещенности в местообитаниях лишайников, резкими изменениями относительной влажности воздуха, суточной и годовой температуры воздуха, осадков. Представляет интерес определить естественные изменения концентраций металлов в лишайниках, растущих в разных фитоценозах, для характеристики фоновых значений.

Методика. Концентрации тяжелых металлов в эпифитных лишайниках *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl. и *Pseudevernia furfuracea* (L.) Zopf. изучали в таежных фитоценозах на северо-западе России в южной части Ладожско-Онежского перешейка, юго-восток побережья Ладожского озера, вне зон влияния прямого атмосферного загрязнения.

Лишайники собраны в малонарушенных лесных и болотных сообществах средней тайги в бассейне р. Свирь в 2018–2019 гг., северо-восток Ленинградской области. Сбор образцов лишайников во всех местообитаниях проведен на высоте 1,3 м. Определяли возраст угнетенных экземпляров деревьев ели на болоте (высота 2,0–2,2 м) по радиальным спилам оснований стволов – 95 лет. В ельнике зеленомошном возраст деревьев 90–100 лет. Размер талломов лишайников 5–6 см в диаметре. На каждом типе форофита собрано 3–8 образцов видов лишайников на разных деревьях. Образцы высушивали до воздушно-сухого веса в термостате. Концентрации химических элементов в образцах после сухого озоления и растворения проб при нагревании в HCl определяли на атомно-абсорбционном спектрофотометре Квант-АФА.

Цель работы – определить региональные фоновые концентрации металлов Ni, Cu, Pb, Cd, Fe, Zn, Mn в эпифитных лишайниках *Hypogymnia physodes* и *Pseudevernia furfuracea* на разных форофитах – ели европейской *Picea abies* (L.) Karst., сосне *Pinus sylvestris* L., можжевельнике *Juniperus communis* L. в лесных и болотных сообществах.

Результаты и обсуждение. На болоте более специфичные местообитания лишайников из-за отсутствия сильного влияния крон древостоя на атмосферные осадки и большой освещенности. На болотах в открытых освещенных местообитаниях и при резких изменениях влажности воздуха, по сравнению с более сглаженными условиями лесных сообществ, могут расти выносливые виды лишайников. По сравнению с условиями под пологом леса, на болоте живые кроны угнетенных деревьев в меньшей степени влияют на лишайники.

На ветвях ели европейской *Hypogymnia physodes* в лесных и болотных фитоценозах накапливает разное содержание тяжелых

металлов (табл. 1). В результате химического анализа *H.physodes* и *P. furfuracea*, растущих на ветвях ели в условиях леса и на болоте выявлены близкие тенденции изменений содержания тяжелых металлов. Более сильно в лишайниках изменяется содержание Mn, компонента состава хвои и листьев древесного полога.

Таблица 1
Средние концентрации металлов в *Hypogymnia physodes*, мг/кг

Субстрат местообитания	Ni	Cu	Cd	Pb	Fe	Mn	Zn
<i>Средняя тайга, ельник зеленомошный, лес</i>							
нижние сухие ветви ели	1,42	2,90	0,254	5,92	265	500	47,7
<i>Средняя тайга, ельник кустарничково-сфагновый, болото</i>							
живые и сухие ветви ели	1,09	3,26	0,235	6,99	321	193	37,1
<i>Средняя тайга, сосняк кустарничково-зеленомошный, лес</i>							
ствол сосны	0,76	3,17	0,306	2,16	197	210	46,4
ствол и ветви можжевельника	2,14	3,43	0,473	5,28	365	485	51,3
Среднее в фитоценозах	1,35	3,19	0,317	5,09	287	347	45,6
Стандартное отклонение	0,59	0,22	0,108	2,08	72,6	168	6,05
Коэффициент вариации, %	43,6	6,90	34,1	40,8	25,3	48,5	13,3

На ветвях ели европейской на болоте лишайники содержат меньше Mn, вид *H.physodes* в среднем 193 мг/кг, *P.furfuracea* – 87,6 мг/кг, что соответственно, в 2,59 и 2,67 раза ниже средних в местообитаниях в ельнике зеленомошном с развитыми кронами (табл. 2). На болоте лишайники на ветвях ели накапливают несколько больше Pb (6,99 и 4,94 мг/кг) и Fe (321 и 278 мг/кг), соответственно. Изменения состава лишайников на болоте в ельнике кустарничково-сфагновом, по-видимому, связаны с отсутствием сильного влияния на лишайники крон ели и с количеством осадков. Средние концентрации характеризуют накопление металлов видами лишайников в этих фитоценозах.

Вид *P.furfuracea* содержит менее высокие концентрации металлов в тех же условиях, по сравнению с *H.physodes* (табл. 2). Похожие изменения состава обоих видов лишайников в данных фитоценозах определяются действием одних и тех же экологических факторов. Кроны ели в большей степени задерживают и концентрируют осадки, по сравнению со стволами сосны. Кроме этого, местообитания лишайников на ветвях ели расположены субгоризонтально, в отличие

от стволов сосны, что способствует большему попаданию и задерживанию осадков, тяжелых металлов и их накоплению в лишайниках на ветвях. Накопление металлов (Pb, Mn, Fe, Ni) в обоих видах лишайников в ельнике зеленомошном на ветвях ели выше, по сравнению со стволами сосны. Для обоих видов лишайников выявлены сходные отличия их состава в лесу. В ельнике зеленомошном под кронами лишайники накапливают больше Mn и меньше Pb и Fe, чем в ельнике на болоте.

Таблица 2
Средние концентрации металлов в *Pseudevernia furfuracea*, мг/кг

Субстрат местообитания	Ni	Cu	Cd	Pb	Fe	Mn	Zn
<i>Средняя тайга, ельник зеленомошный, лес</i>							
нижние сухие ветви ели	0,57	1,95	0,100	2,31	139	234	33,5
<i>Средняя тайга, ельник кустарничково-сфагновый, болото</i>							
живые и сухие ветви ели	0,78	2,62	0,123	4,94	278	87,6	26,0
<i>Средняя тайга, сосняк кустарничково-зеленомошный, лес</i>							
ствол сосны	0,47	1,97	0,129	1,17	112	100	40,7
стволы и ветви можжевельника	1,07	2,32	0,171	2,31	210	189	37,2
Среднее в фитоценозах	0,72	2,22	0,131	2,68	185	153	34,4
Стандартное отклонение	0,27	0,32	0,03	1,60	74,6	70,6	6,30
Коэффициент вариации, %	36,7	14,4	22,6	59,6	40,4	46,2	18,3

В соответствии с коэффициентами вариации, в разных фитоценозах в обоих видах лишайников более сильно изменяются концентрации Pb (40.8 и 59.6%), Fe (25,3 и 40,4%), Mn (48,5 и 46,2%), Ni (43,6 и 36,7%). Вид *H. physodes* отличается более высоким накоплением металлов на разных породах. В лишайниках на можжевельнике накопление металлов несколько выше, что связано со строением кроны.

В северной тайге в эпифитных лишайниках более высокая биоаккумуляция Ni и Cu. Накопление Ni на живых ветвях ели сибирской повышено до 9,01 мг/кг, Cu до 15,9 мг/кг (Катаева и др., 2018). Это связано с более близким расположением коренного елового леса к источнику загрязнения – медно-никелевому комбинату на Кольском полуострове (80 км), длительным влиянием промышленного загрязнения и широким распространением выбросов в атмосфере.

Заключение. Установлены средние концентрации тяжелых металлов в лишайниках в разных типах естественно сформировавшихся хвойных фитоценозов средней тайги в юго-восточной части побережья Ладоги – в ельнике зеленомошном, на болоте в ельнике кустарничково-сфагновом, в сосняке кустарничково-зеленомошном. В лишайниках подзоны средней тайги накопление высокотоксичных для биоты металлов Cd (0,131–0,317 мг/кг) и Pb (2,68–5,09 мг/кг) остается низким, что характеризует отсутствие значительного влияния атмосферного загрязнения. Концентрации Fe и Mn в обоих видах лишайников разных сообществ на ели, сосне и можжевельнике изменяются более сильно, что определяется влиянием состава осадков, прошедших через кроны. Содержание Zn и Cu изменяется меньше. Выявлены региональные фоновые концентрации в лишайниках в сосновых и еловых сообществах в подзоне средней тайги.

Список литературы

- Катаева М.Н., Беляева А.И.* 2018. Накопление микроэлементов лишайником *Nuroguntia physodes* в коренных ельниках Кольского полуострова // Экология и география растений: материалы IV Междунар. научной конф. 16–19 апреля 2018 г. Екатеринбург: Гуманитарный ун-т. С. 393-398.
- Степанчикова И.С., Гагарина Л.В., Тагирджанова Г.М., Гимельбрант Д.Е.* 2015. Лишайники можжевельниковых сообществ мыса Шурягский (Ленинградская область) // Вестник ТвГУ. Сер. Биология и экология. № 2. С. 121-126.
- Тарасова В.Н., Капитонихина О.В.* 2009. Динамика развития лишайникового покрова на сосновом субстрате в сфагновых сосновых лесах Южной Карелии // Изучение грибов в биогеоценозах: сборник материалов V междунар. конф. (г. Пермь, 7–13 сент. 2009 г.). Пермь: Пермский гос. пед. ун-т. С. 343-346.
- Толышева Т.Ю.* 2004. Элементы структуры сообществ эпифитных лишайников олиготрофных болот Среднего Приобья (Западная Сибирь) // Вестник Моск. ун-та. Сер. 16. Биол. № 4. С. 42-46.

THE CONTENT OF HEAVY METALS IN EPIPHYTIC LICHENS OF FOREST AND MIRE PHYTOCOENOSES OF MIDDLE TAIGA

M.N. Kataeva, A.I. Belyaeva

Komarov Botanical Institute RAS, Saint-Petersburg

Concentrations of Ni, Cu, Pb, Cd, Fe, Mn, Zn in lichens *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl., *Pseudevernia furfuracea* (L.) Zopf. on European spruce, Scots pine, and common juniper. Lichens of the southeastern coast of Lake Ladoga are characterized by low concentrations of metals which can be considered as regional background.

Keywords: *epiphytic lichens, middle taiga, mires, Picea abies, Pinus sylvestris, heavy metals.*

Об авторах:

КАТАЕВА Мария Николаевна – кандидат биологических наук, младший научный сотрудник, ФГБУН Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, 197376, Санкт-Петербург, ул. профессора Попова, д. 2; e-mail: mkmarikat@gmail.com.

БЕЛЯЕВА Алла Игоревна – младший научный сотрудник, ФГБУН Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, 197376, Санкт-Петербург, ул. профессора Попова, д. 2; e-mail: ABelyaeva@binran.ru.

Катаева М.Н. Содержание тяжелых металлов в эпифитных лишайниках лесных и болотных фитоценозов Средней тайги / М.Н. Катаева, А.И. Беляева // Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология. 2021. № 4(64). С. 164-169.

Журнал Вестник Тверского государственного университета. Серия: Биология и экология решением Президиума ВАК включен в перечень