

УДК 574.472:582.29
DOI: 10.26456/vtbio454

СОДЕРЖАНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ЛИШАЙНИКЕ *BRYORIA FUSCESCENS* НА ЕЛИ ЕВРОПЕЙСКОЙ (СЕВЕРО-ЗАПАДНЫЙ РЕГИОН)*

М.Н. Катаева, А.И. Беляева, П.Н. Катютин

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

В талломах лишайника *Bryoria fuscescens* (Gyeln.) Brodo et D. Hawksw., в хвое ели, северная Карелия, определены концентрации микроэлементов по сравнению со среднетаежными сообществами методом атомно-абсорбционной спектрометрии. В лишайнике северной Карелии обнаружены более высокие концентрации Ni и Cu при более близком расположении к источнику техногенных выбросов. Получены данные о длине хвои и побегов ели.

Ключевые слова: эпифитные лишайники, Карелия, северная тайга, еловые леса, *Picea abies*, тяжелые металлы.

Введение. Широкое распространение металлургических выбросов в атмосфере на территории Кольского полуострова затрагивает разные подзоны тайги. Север Карелии может подвергаться загрязнению тяжелыми металлами с атмосферными выбросами металлургической промышленности. В современных условиях в северной Карелии не имеется оценок влияния загрязнения на лишайники, распространение и границы зоны влияния выбросов не известны. В северо-западном регионе расположены крупные города, влияние которых связано, главным образом, с загрязнением выбросами свинца и кадмия. Изучено разнообразие флоры лишайников в лесных сообществах средней тайги, мало исследованы редкие ландшафты и типы леса вблизи Ладожского озера (Сорокина и др., 2017). В лишайниках выше содержание ряда микроэлементов, чем в хвое.

Методика: концентрации микроэлементов в эпифитном лишайнике *Bryoria fuscescens* (Gyeln.) Brodo et D. Hawksw. (сем. Parmeliaceae) определяли в условиях северной тайги Карелии; сопоставляли концентрации в этом виде лишайника в сообществах

* Работа выполнена по плановой теме НИР 2021–2025г. № 121032500047-1 «Растительность европейской части России и северной Азии: разнообразие, динамика и принципы организации».

среднетаежной подзоны на юге Ладожско-Онежского перешейка, на северо-западе европейской части. Для оценки загрязнения использовали концентрации металлов Ni, Cu, Pb, Cd. Для характеристики влияния климатических условий в местообитаниях лишайника в подзонах северной и средней тайги – прирост ветвей ели, длину хвои.

Исследование проведено в Республике Карелия, север Лоухского р-на (220 км от г. Мончегорск и комбината «Североникель») и на северо-востоке Ленинградской области, бассейн р. Свирь. Лодейнопольский р-н, подзона средней тайги. Эпифитный лишайник *B. fuscescens* собран на сухих ветвях ели европейской в северной тайге Карелии в июле 2022 г., в сосняке бруснично-зеленомошном, с площадью сечений 27 м²/га. В среднетаежных сообществах лишайник собирали в ельнике кустарничково-сфагновом и в осоково-кустарничково-сфагновом болоте в июле-августе 2021–2022 гг. и 2024 г. на высоте 1,3 м, с сухих ветвей ели на 3–4 деревьях.

Длина талломов лишайника в среднетаежной подзоне – 15–21 см, в северной – 15 см. Возраст деревьев низкорослой ели на болоте – 96 лет, высота ели 2,1 м, сравнимый возраст ели в сосняке и ельнике.

На растущих ветвях второго порядка ели европейской в 2022г. определяли показатели – прирост текущего года (10–20 шт.), массу и длину хвои, 10 шт. (выборка 100–120 шт.), массу почек (10 шт.). Массу хвои ели, почек и прироста взвешивали на аналитических весах. Размер вегетативных почек ели в северной Карелии и на среднетаежном болоте (минимум – максимум) – 4×2, 5×2 мм, в ельнике – 5×2 и 6×2 мм.

Образцы лишайников, хвои для химического анализа высушивали в термостате. Пробы озоляли при 450°C в муфеле, золу растворяли при нагревании в 2N HCl, фильтровали через фильтр средней плотности «синяя лента». Концентрации химических элементов определяли на атомно-абсорбционном спектрофотометре (ААС) Квант-АФА, Россия, в двух аналитических повторностях. Использовали государственные стандартные образцы (ГСО). Результаты обрабатывали в Microsoft Excel 2010. Сравнение выборок проведено с помощью теста Манна-Уитни, при $p < 0.05$ в Statistica 13.0.

Цель работы – определить концентрации металлов Ni, Cu, Pb, Cd, Fe, Zn, Mn в эпифитном лишайнике *Bryoria fuscescens* (Gyeln.) Brodo et D. Hawksw. на ветвях ели европейской *Picea abies* (L.) Karst. в северной Карелии по сравнению со среднетаежными сообществами.

Результаты и их обсуждение. Лишайник *B. fuscescens* относится к экологической группе видов гигромезофитов. В кронах ели на ветвях вид находит подходящие условия с высокой влажностью. В сообществах двух подзон накопление микроэлементов в талломах лишайника на ветвях ели различается. В северной Карелии

концентрации Ni в лишайнике – 2,60 мг/кг, что в 5,2 и 4,9 раза выше содержания в этом виде на болоте и в ельнике. В лишайнике северной Карелии содержание Cu, 2,72 мг/г, в 1,37–1,68 раза выше, по сравнению со среднетаежными сообществами (табл. 1).

Кроны ели на болоте в меньшей степени влияют на лишайник. Концентрации Mn в талломах лишайника выше под пологом леса, в 1,9–7,1 раза, соответственно, чем на ветвях ели на болоте – 45 мг/кг (табл. 1). В средней тайге лишайник содержит больше Pb (до 2,1 мг/кг) и Cd (0,096 мг/кг), на ветвях ели вид накапливает Fe – 98–160 мг/кг.

Линейные размеры хвои и прироста ветвей ели связаны с массой. Прирост побега ели северной Карелии в 1,84 раза снижен, относительно среднетаежного ельника, 2,46 и 4,52 см, соответственно (табл. 2).

В северной подзоне тайги в Карелии вегетативные органы ели отличаются меньшей длиной, массой хвои, длиной и массой прироста, по сравнению со среднетаежным ельником (табл. 2). Результаты их попарного сравнения выявили значимые различия длины и массы хвои, прироста. При фоновых концентрациях Ni и Cu в хвое ели в условиях этих сообществ, в талломах более чувствительного лишайника в северной Карелии они выше. В экологических условиях болота при влиянии неблагоприятного водно-минерального питания прирост ели также в 2,43 раза ниже ельника. Масса почек ели более стабильный показатель. Интенсивный рост эпифитных лишайников может еще более подавлять жизненное состояние форофитов (Sleptsov et al., 2023). Прирост и длина хвои ели тесно коррелируют с климатическими условиями, с температурой воздуха, $r=+0.6$ (Кищенко, 2020).

В лишайнике в разных подзонах тайги в большей степени изменяется содержание Ni (97,2%), Pb (46,4%), Mn (76,1%), в соответствии с коэффициентами вариации. Под кронами на ветвях ели лишайники накапливают больше Mn, и меньшее количество Pb и Fe, чем на ели в условиях открытого для атмосферных выпадений болота.

При более близком расположении сообщества северной Карелии к медно-никелевому комбинату Кольского полуострова, в лишайнике выше содержание Ni и Cu. Региональные фоновые концентрации в *B. fuscescens* на сухих ветвях ели сибирской на территории Кольского полуострова превышают установленные концентрации на севере Карелии, Ni в 1,47, Cu в 1,54 раза (Катаева и др., 2023). При сравнениях следует учитывать природно-климатические условия подзон тайги и их влияние на рост сообществ, возраст талломов лишайников.

Заключение. Определены средние концентрации тяжелых металлов в лишайнике, растущем на ветвях ели в среднетаежных сообществах и в северной Карелии. В лишайнике *Bryoria fuscescens* в северной Карелии выявлены более высокие концентрации Ni и Cu, что

связано, по-видимому, с атмосферным переносом выбросов медно-никелевого производства с территории Кольского полуострова. Концентрации Ni (97,2%) и Pb (46,1%) в лишайнике изменяются больше. Под пологом леса под влиянием осадков в лишайнике концентрация Mn выше в 1,9–7 раз. В северной Карелии концентрации Cd и Pb в лишайнике ниже, по сравнению со средней тайгой, Cd (0,092–0,096 мг/кг), Pb (1,5–2,1 мг/кг), что соответствует фоновым условиям.

Список литературы

- Катаева М.Н., Беляева А.И.* Содержание тяжелых металлов в эпифитных лишайниках в условиях северотаежных лесов Субарктики Кольского полуострова и в среднетаежных лесах северо-запада // Биоразнообразие экосистем Крайнего Севера: инвентаризация, мониторинг, охрана. Материалы IV конференции. Сыктывкар, 5–9 июня 2023. С. 562-567.
- Кищенко И.Т.* 2020. Сезонный рост *Pinus sylvestris* L. и *Picea abies* L. (Karst.) в таежной зоне (Карелия) // Вестник Поволжского государственного технологического университета. № 3 (47). С. 32-38.
- Сорокина И.А., Степанчикова И.С., Гимельбрант Д.Е., Ликсакова Н.С., Спиринов В.А., Кушневская Е.В., Гагарина Л.В., Ефимов П.Г.* 2017. Краткие очерки трех планируемых ООПТ востока Ленинградской области // *Ботанический журнал*. Т. 102. № 9. С. 1270-1289.
- Sleptsov I.V., Rozhina S.M., Prokopiev I.A., Mikhailov V.V., Alekseev K.V.* 2023. Do epiphytic lichens negatively impact their hosts through allelopathy? The effect of *Evernia esorediosa* on growth and biochemical processes of *Larix gmelinii* // *Tree Physiology*. Vol. 43. P. 2076-2084.

THE CONTENT OF MICROELEMENTS IN LICHEN *BRYORIA FUSCESCENS* ON NORWAY SPRUCE (NORTH-EASTERN REGION)

M.N. Kataeva, A.I. Belyaeva, P.N. Katyutin
Komarov Botanical Institute of the RAS, Saint-Petersburg

Concentrations of Ni, Cu, Pb, Cd, Fe, Mn, Zn in lichen thalli *Bryoria fuscescens* and Norway spruce needles in northern Karelia as compared to middle taiga communities were determined using atomic absorption spectrometry method. Higher concentrations of Ni and Cu in lichens of northern Karelia at closer distance to the technogenic emission source were found. Data on Spruce needles and shoots length were obtained.

Keywords: epiphytic lichens, Karelia, northern taiga, Spruce forests, *Picea abies*, heavy metals

Об авторах:

КАТАЕВА Мария Николаевна – кандидат биологических наук, младший научный сотрудник, Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, 197022, Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, д. 2, e-mail: mkmarikat@gmail.com

БЕЛЯЕВА Алла Игоревна – младший научный сотрудник, Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, 197022, Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, д. 2, e-mail: AVelyaeva@binran.ru

КАТЮНИН Павел Николаевич – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, 197022, Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, д. 2, e-mail: paurussia@binran.ru

Катаева М.Н. Содержание микроэлементов в лишайнике *Bryoria fuscescens* на ели европейской (Северо-Западный регион) / М.Н. Катаева, А.И. Беляева, П.Н. Катюнин // Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология. 2026. № 1(81). С. 171-175.

Дата поступления рукописи в редакцию: 16.06.25

Дата подписания рукописи в печать: 05.03.26