

СТАТЬЯ

УДК 574.472:582.29

**СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ЛИШАЙНИКЕ  
*HYPOGYMNINGIA PHYSODES* НА МОЖЖЕВЕЛЬНИКЕ  
НА ЮЖНОМ ПОБЕРЕЖЬЕ ЛАДОЖСКОГО ОЗЕРА**

**Катаева М.Н., Беляева А.И.**

*ФГБУН Ботанический институт имени В.Л. Комарова Российской академии наук,  
Санкт-Петербург, e-mail: mkmarikat@gmail.com*

На территории южного Приладожья (Ленинградская область) в прибрежных сообществах можжевельника обыкновенного в местообитаниях на сухих и живых ветвях, на сухостое изучены особенности накопления микроэлементов и сделаны оценки биомассы лишайника *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl. (Parmeliaceae). Концентрации определены методом атомно-абсорбционной спектроскопии. Проведена оценка водоудерживающей способности субстратов в кронах можжевельника в связи с жизненным состоянием. Она изучена в трех типах местообитаний лишайника – ветви сухостойных кустарников, сухие и живые ветви в кроне. Водоудерживающая способность ветвей сухостойных кустарников (72,7 %) и живых ветвей различается в 2,34 раза. В сообществах можжевельника местообитания на сухих ветвях и сухостое более благоприятные. Ветви сухостойных можжевельников превосходят по этому показателю местообитания на сухих ветвях крон (до 1,64 раза). Выявлены особенности накопления микроэлементов в лишайнике на стволах и ветвях можжевельника и рябине. По сравнению с можжевельниковыми сообществами Приладожья, в северной Карелии лишайник накапливает более высокие концентрации Cu и Ni (в 2,4–3,4 раза выше соответственно). В южном Приладожье лишайник содержит более высокие концентрации тяжелых металлов относительно юго-восточного побережья, что связано с более интенсивным влиянием городской среды.

**Ключевые слова:** Ленинградская область, микроэлементы, *Hypogymnia physodes*, *Juniperus communis*, водоудерживающая способность

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

**THE CONTENT OF HEAVY METALS IN LICHEN  
*HYPOGYMNINGIA PHYSODES* ON THE COMMON JUNIPER  
IN THE SOUTHERN LADOGA COAST**

**Kataeva M.N., Belyaeva A.I.**

*Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences,  
Saint Petersburg, e-mail: mkmarikat@gmail.com*

Concentrations of microelements in thalli epiphytic lichen *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl. (Parmeliaceae) in the southern coast of the Ladoga Lake (Leningrad Region) in habitats of dead branches, green branches with needles in crowns of common juniper and branches of dead wood with outer bark were determined. The assessments of biomass of lichen on branches were performed. Concentrations were determined by means atomic absorption spectrometry. The assessment of water retention ability of substrates in crowns in relation of vital state of juniper was made. It was studied in three types of habitats – branches of dead wood, dead and green branches with needles in crowns of common juniper. Water retention ability of branches on juniper dead wood (72,7 %) and green branches differs by 2,34 times. Dead branches in crowns and dead wood of juniper in communities are more favorable habitats. Water retention of branches of dead wood is higher than dead branches of crowns (up to 1,64 times). The features of accumulation of microelements in lichen on rowan and trunks and branches of juniper were revealed. As compared to juniper communities of the Ladoga Lake area, in northern Karelia lichen accumulates higher concentrations of Cu and Ni (2,4 to 3,4 folds respectively). In the southern coast of Ladoga Lake the lichen thalli contains higher concentrations of Pb and Fe than on the southeastern coast which is associated with more intense influence of urbanization of environment.

**Keywords:** Leningrad region, microelements, *Hypogymnia physodes*, *Juniperus communis*, water retention ability

*The work was carried out according to the planned research topic for 2021–2025 No. 121032500047-1 “Vegetation of the European part of Russia and northern Asia: diversity, dynamics, and principles of organization”.*

**Введение**

Можжевельник обыкновенный обычно встречается на сухих песчаных почвах, в подлеске сосновых, реже еловых лесов. В прибрежной части Ладожского озера можжевельник образует сомкнутые сообщ-

ества на песке, которые вместе с участками сосновых боров формируют ландшафт побережья. В основном сосновые леса распространены на берегу Ладоги на северном побережье озера, в восточных районах области такие сосновые сообщества также

сохранились. В условиях южного побережья сообщества находятся под влиянием антропогенных нарушений и загрязнения окружающей среды. Территория расположена вблизи г. Новая Ладога, основанного Петром I. Это интересный в историческом отношении ландшафт. В этом районе расположены охраняемые объекты старинной фортификации, крепость Старая Ладога. Нарушения здесь связаны с действием среды небольшого города, с антропогенным влиянием. Риск загрязнения на побережье Ладоги создает перенос воздушных потоков от промышленных центров и городов. Сообщества можжевельника здесь ранее не были обследованы, оценок накопления тяжелых металлов в эпифитных лишайниках в этом районе не имеется. На востоке области обосновано создание охраняемых территорий. В сохранившихся сосновых сообществах вблизи Ладожского озера, ООПТ «Нижневолокховский», кластерный участок «Бережье», охраняется популяция редкого вида прострел обыкновенный *Pulsatilla vulgaris*, приуроченного к боровым пустошам [1].

Оценки видового разнообразия лишайников по типам местообитаний и видам форофитов показали, что редкие виды более распространены в мезотрофных лесах [2]. На побережьях их число меньше. Росту лишайников на побережье Ладоги способствуют сомкнутые кроны можжевельника, поступление осадков, режимы местообитаний. Испарение с водной поверхности озера, близость воды на побережье определяет повышенную влажность воздуха. Этот фактор способствует развитию эпифитных лишайников в кронах кустарников можжевельника даже при отсутствии сомкнутого полога леса. Наблюдений за состоянием сообществ можжевельника и оценок накопления тяжелых металлов в лишайниках южного побережья Ладоги не имеется.

На ослабленных деревьях часто более интенсивно растут эпифитные лишайники, частично этому способствует высокая влагоемкость сухой древесины. Сильное развитие эпифитных лишайников может негативно влиять на вид форофит из-за выделения лишайниковых кислот [3]. В экологических и физиологических исследованиях лишайников используется показатель сухая масса таллома [4].

Представляет интерес выявить количественные показатели для оценки массы лишайников на сухих ветвях живых кустарников можжевельника и на сухостойном кустарнике в условиях южного побережья, оценить водоудерживающую способность субстратов, определить содержание химических элементов в талломах и субстрате.

**Цель исследования** – выявить концентрации тяжелых металлов в лишайнике *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl. в южном Приладожье на можжевельнике обыкновенном на сухих ветвях, сухостое и стволах, по сравнению с мелколиственными породами, сравнить данные в региональном аспекте; определить водоудерживающую способность древесных субстратов разных типов и хвои можжевельника.

#### Материалы и методы исследования

На южном побережье Ладожского озера ландшафт преобразован проложенными каналами для судоходства вдоль берега. Кустарниковые сообщества из можжевельника обыкновенного *Juniperus communis* L. расположены группами. В этих сообществах можжевельника на южном побережье Ладоги собраны образцы лишайника *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl., тонкий слой корки ветвей и стволов можжевельника. Повторность – 3–8 кустарников. Расстояние от берега озера также 100–150 м [5]. Выбраны сопоставимые по диаметру стволы можжевельника, с основанием – 5–6 см, на высоте 1,3 м – 3,5–4,0 см, высота 3–4 м. Лишайник собирали на высоте 1,30–1,50 м на сухих ветвях в кроне можжевельника, талломы 3–5 см, по краю кроны [5], также на сухостойных кустарниках. Образцы лишайников в южном Приладожье со стволов тонких рябин, березы повислой и можжевельника собраны в июле – августе 2019, 2020, 2024 гг., в юго-восточном районе – в 2022 и 2025 гг. Территория – подзона средней тайги, в пограничной части с южной, северо-запад европейской части, Волоховский район, Ленинградская область [5]. На мелколиственных породах собрано 3–5 образцов лишайника. Делали анализ отдельных образцов. Содержание тяжелых металлов сравнивали с данными результатов анализа лишайника в северной Карелии (2022 г.).

Для оценки биомассы лишайника на ветвях можжевельника на кустарниках срезали ветви с лишайниками (высота 1,3 м). В лаборатории ветви измеряли, определяли диаметр. Массу лишайника определяли на отрезках ветвей длиной 10 см. Лишайник, растущий на сегментах сухих ветвей длиной 10 см, корку ветвей и древесину от них взвешивали на аналитических весах. Выборка составила: полусухих ветвей живого кустарника 4–7 шт., сухих ветвей 5, ветвей сухостоя 3–5.

Образцы лишайников высушены в термостате до абсолютно сухого веса. Пробы озолены при 450 °С в муфеле, их растворяли при нагреве в 2N HCl, фильтровали

через фильтр «синяя лента». Концентрации химических элементов определяли на ААС Квант-АФА, Россия, в двух аналитических повторностях, с использованием государственных стандартных образцов. Данные обрабатывали в Microsoft Excel 2010 [5].

Для определения водоудерживающей способности в юго-восточном Приладожье в июле 2025 г. собирали ветви живых кустарников можжевельника в развитых кронах, диаметр оснований кустов 8 и 12 см. Водоудерживающую способность ветвей определяли весовым способом при намочении (по разности масс после намочения в воде 2 мин и в сухом состоянии). Ветви очищали от лишайников, отрезки ветвей 10 см взвешивали. Выборка живых ветвей с хвоей 4 и 5 шт., древесины живых ветвей с коркой – 3, сухих ветвей с коркой – 20, ветвей сухостоя с коркой – 20. Диаметр сухостоя 8,5 см.

**Результаты исследования и их обсуждение**

В кронах кустарников можжевельника различаются режим влажности и освещенности. При развитии крона можжевельника приобретает вытянутую форму. Влажность воздуха в центре кроны снижается к краевой части. Ветви по краям крон могут полностью или частично засыхать. Сухие ветви в кроне интенсивно освещены. В лишайнике на побережье более резко различаются Pb и Fe (табл. 1).

В лишайнике на сухих ветвях живых кустарников и сухостоя можжевельника концентрации Pb (8,0–8,7 мг/кг) выше до 1,7 раза в сообществах южного Приладожья по сравнению с юго-восточным (табл. 1). В обоих районах на стволах лиственных пород в лишайнике содержатся меньшие концентрации Fe, 317–420 мг/кг, Pb, относительно условий в кронах можжевельника. В лишайнике на сухих ветвях можжевельника более высокие концентрации микроэлементов, по отношению к стволам, кроме Cd и Pb.

На можжевельнике *H. physodes* по сравнению с местообитаниями на стволах березы накапливает менее высокие концентрации Mn; также Cd и Zn, до 3,3 раз (табл. 1). Вероятно, что на лишайник на сухостое можжевельника влияет меньшее количество летних осадков. Но на сухих ветвях в кроне живых можжевельников и сухостое различия слабые, в нем близкие концентрации Pb, Fe, Cd. Представлены результаты анализа корки ветвей и ствола, хвои можжевельника (табл. 2).

Показано влияние экологических условий и возраста сообществ на аккумуляцию микро- и макроэлементов растениями в среднетаежных сообществах [6]. В листьях берез в различных регионах накопление Zn, Cd, Mn проявляется как их биологическая особенность, специфичность [6–8]. В листьях березы в Приладожье Cd близок к нормативу безопасности, 0,3 мг/кг, и выше кларка растений суши, 0,04 мг/кг [8].

**Таблица 1**

Средние концентрации металлов в *Hypogymnia physodes* на можжевельнике и лиственных породах, мг/кг сухой массы

Тип	Ni	Cu	Cd	Pb	Fe	Mn	Zn
1. Живой можжевельник, южное Приладожье							
Сухие ветви	2,2±1,3	4,4±0,4	0,254±0,05	8,7±3	960±162	61±22	47±7
1. Живой можжевельник, южное Приладожье							
Тонкий ствол	1,7±0,8	3,5±0,3	0,291±0,03	8,5±2	800±91	47±12	42±2
1. Сухостой можжевельника, южное Приладожье							
Сухие ветви	1,5±0,5	3,8±0,2	0,191±0,01	8,0±0,5	1065±9	51±5	34±1
1. Береза повислая, южное Приладожье							
Тонкий ствол	1,6±0,9	3,2±0,03	1,34±0,07	5,4±1	317±45	729±314	140±32
2. Живой можжевельник, юго-восточное Приладожье							
Сухие ветви	1,2±0,9	3,5±0,5	0,240±0,03	5,1±0,4	746±15	139±5	28±15
2. Рябина обыкновенная, юго-восточное Приладожье							
Ствол	1,5±0,8	2,9±0,3	0,55±0,3	4,2±1	420±20	1138±9	44±5

Источник: составлено авторами.

Таблица 2

Содержание металлов в корке и хвое видов форофитов, мг/кг абс. сухой массы

Тип	Ni	Cu	Cd	Pb	Fe	Mn	Zn
1. Можжевельник, сухие ветви кроны 1,3–1,5 м, южный район							
Корка ветвей	3,1±0,2	6,9±0,1	0,177±0,01	15±1	1638±41	72±1	20±0,5
1. Можжевельник, живой ствол, южный район							
Корка ствола	1,6±0,5	3,2±0,1	0,120±0,01	6,9±0,2	403±117	23±3	15±2
1. Можжевельник, ветви кроны, южный район							
Хвоя	1,3±0,3	2,0±0,2	0,016±0,01	0,6±0,5	55±14	180±99	16±1
1. Береза повислая, южный район							
Листья березы	1,2±0,7	3,8±0,5	0,39±0,02	0,53±0,4	65±16	920±300	163±25
Корка ствола	0,03±0,0	3,9±0,01	0,120±0,01	0,63±0,1	12±1	251±5	55±1
2. Можжевельник, юго-восточный район							
Хвоя	0,85±0,1	1,7±0,1	0,014±0,01	<	22±1	370±8	9±0,5
2. Рябина обыкновенная, юго-восточный район							
Листья	0,80±0,1	3,9±0,2	0,28±0,1	<	103±2	3520±70	17±0,3

Источник: составлено авторами.

Вымывание микроэлементов осадками из листьев березы, влияние стока по стволу обогащает местообитания лишайников. Концентрации Mn в талломах лишайника снижаются: ствол рябины (1138 мг/кг), ствол березы (956 мг/кг), ветви и стволы можжевельника (47–139 мг/кг). На фоновых территориях содержание Zn в листьях березы довольно высокое. В листьях видов рода *Salix*, как и видов рода *Betula*, цинк накапливается избирательно [6]. В листьях березы содержание Zn – 163 мг/кг (табл. 2).

Влажность древесины в местообитаниях лишайников на сухих ветвях и на живых растущих ветвях может влиять на прирост биомассы лишайника. Сухие ветви, за счет их влагоемкости, более благоприятные. Следует особенно отметить, что лишайник при определении массы занимал всю верхнюю поверхность ветви. На сухостое возрастает масса лишайника, до 0,45 г/10 см длины ветви при близком диаметре, 3,0 и 3,2 мм, что наглядно показано в табл. 3.

Таблица 3

Оценка биомассы лишайника *Hypogymnia physodes* на ветвях можжевельника разного жизненного состояния, на 10 см длины ветви, сухая масса, г

Тип ветви и номер кустарника, дата	Масса, г, на 10 см ветви			Диаметр ветви, (мм)	Масса талломы/ветви
	<i>H. physodes</i>	Корка	Ветви без корки		
Южное Приладожье					
Полусухие ветви, живой кустарник (1) 2020 г.	0,40±0,06	0,06±0,03	0,86±0,71	3,3±0,7	0,47
Полусухие ветви, живой кустарник (2) 2020 г.	0,31±0,12	0,07±0,04	0,53±0,47	3,2±0,8	0,59
Полусухие ветви, живой кустарник (3) 2024 г.	0,40±0,03	0,18±0,02	1,53±0,27	5,0±1,0	0,26
Сухостой, кустарник (1) 2020 г.	0,45±0,21	0,07±0,06	0,57±0,53	3,0±1,6	0,79
Сухостой, кустарник (2) 2020 г.	0,66±0,23	0,50±0,25	3,6±1,2	8,0±2,0	0,18
Юго-восточное Приладожье					
Сухостой, (1) 2025 г. сухие ветви	0,55±0,09	0,32±0,4	0,72±0,60	4,2±1,9	0,76
Сухие ветви живой, (1) 2025 г.	0,32±0,13	0,06±0,02	0,43±0,22	2,8±0,8	0,75

Источник: составлено авторами.

Масса лишайника на сухостое увеличивается, соотношение массы лишайника к древесине до 0,79 (табл. 3). Она несколько ниже на полусухих ветвях можжевельника, 0,26–0,59. Коэффициент корреляции массы лишайника и диаметра ветви  $r = +0,86$  на основе средних данных южного района. С увеличением диаметра сухих ветвей до 5–8 мм также выше масса корки, 0,18 и 0,50 г/10 см. Средняя масса лишайника на ветвях сухостоя выше в 1,50 раза, с разностью между ними 0,185 г / 10 см. В юго-восточном Приладожье на сухостое масса лишайника также выше, в 1,69 раза, 0,55 и 0,32 г / 10 см.

Лишайник на сухих ветвях и корке стволов можжевельника содержит высокие концентрации Fe, до 960 мг/кг, на сухостойном – 1065 мг/кг (табл. 1). В лишайнике концентрация Cd выше в 1,44–2,43 раза, относительно корки ветвей и ствола можжевельника соответственно. В талломах лишайника Pb выше в 1,23 раза, чем в корке ствола, в корке ветвей и в талломах близкие концентрации Pb. Накопление Fe в лишайнике выше в 1,98 раза, чем в корке стволов, цинк в талломах в 2,3–2,8 раза выше.

В южном Приладожье в талломах лишайника выше содержание Pb и Fe. Возможные причины этого – более близкое расположение к источникам загрязнения, автомобильным магистралям, влияние городской среды и загрязнение осадков. Концентрирующая способность крон можжевельника также влияет на степень задерживания осадков в разной форме, поступление тяжелых металлов. В двух районах побережья концентрации в талломах лишайника на можжевельнике: Ni – 1,2–2,2 мг/кг, Cu – 3,5–4,4 мг/кг, Pb – 5,1–8,7 мг/кг. В двух районах в лишайнике на сухих ветвях можжевельника концентрации Cd близкие, в южном на разных типах ветвей – 0,191–0,291 мг/кг, в юго-восточном – 0,240 мг/кг. Это не превышает фоновые концентрации в эпифитных лишайниках бореальной зоны (*Parmelia sulcata*, *Platismatia glauca*) [9].

В северной Карелии по сравнению с можжевельником в Приладожье, в лишайнике на ветвях ели европейской – более высокие концентрации металлов, Ni в 3,4 раза выше, Cu – в 2,4 раза (табл. 4). В Приладожье Cd выше в 1,98, Pb – в 1,22 раза.

Таблица 4

Концентрации микроэлементов в *Hypogymnia physodes* в среднетаежной подзоне по сравнению с северотаежной подзоной тайги, мг/кг, абс. сух. масса

Форофит, регион	Ni	Cu	Cd	Pb
Сухие и живые ветви ели, северная Карелия	6,6±0,05	7,2±0,06	0,19±0,02	3,8±0,91
Можжевельник, ветви, сосняк, ЮВ Приладожье	1,9±0,5	3,1±0,2	0,37±0,03	4,6±0,24
Ветви сосны, побережье, Приладожье	1,3±0,8	4,3±0,5	0,38±0,04	3,2±0,01

Источник: составлено авторами.

Таблица 5

Показатели водоудерживающей способности живых ветвей можжевельника, древесины сухих ветвей и сухостоя в юго-восточном Приладожье

Номер, субстрат, диаметр основания куста и ветви	n	Длина ветви, см	Средняя масса, г		Удержанная вода		
			живая	после намочания	г	%	пределы
1 – 12 см, часть ветви с хвоей 9 мм	4	27±4	22,3±9,5	38,5±13	16,3±4,9	80,0±21,8	67–112
2 – 8 см, часть ветви с хвоей 8 мм	5	21±4	12,4±10	24,6±16	12,2±6,6	117±31,7	75–160
1 – 12 см, сухие ветви, 5,4 мм /10 см	10	31±7	1,74±0,8	2,7±0,9	0,95±0,2	64,4±25	34–109
2 – 8 см, сухие ветви, 3,4 мм /10 см	20	32±1	0,88±0,5	1,2±0,7	0,34±0,2	44,1±14	27–66
1 – 12 см, живые ветви, 6,7 мм/10 см	3	53±8	3,8±0,9	4,9±0,8	1,1±0,12	31,1±11	21–43
1 – 8,5 см, сухостой, 3,6 мм /10 см	20	24±2	0,73±0,5	1,18±0,7	0,45±0,2	72,7±28	38–137

Источник: составлено авторами.

Региональные фоновые концентрации в лишайнике севера Карелии выше, это связано с близким расположением к источникам выбросов на Кольском полуострове.

В хвое можжевельника южного района Приладожья ниже содержание Mn, 180 мг/кг, возможно из-за влияния известняков и pH почв. По сравнению с лишайником, в листьях березы и рябины концентрация Mn в 1,26–3,1 раза выше соответственно. В хвое можжевельника Mn – в 2,7–3,8 раза. Лишайники являются более подходящими индикаторами для оценки экологического состояния. В хвое можжевельника текущего года тяжелые металлы Cd и Pb не накапливаются, от содержания в лишайнике на стволе 5,5–7,1 %. В лишайнике на стволе выше Fe, в 14 раз, чем в хвое, Zn – в 2,63 раза.

Водоудерживающая способность ветвей можжевельника с хвоей и коркой выше – 80–117 %, по сравнению с древесиной живых ветвей, 31,1 %. Сухие ветви могут концентрировать воду и дольше сохранять необходимую лишайникам влажность. При удерживании воды древесиной имеет значение сохранность слоя более плотной корки и степень разрушения древесины ветви до рыхлого состояния. Ветви сухостойных можжевельников сильнее удерживают воду – 72,7 %, в связи с большей степенью разложения сухой древесины ветвей с коркой, чем живые ветви крон (табл. 5).

В кроне живого можжевельника водоудерживающая способность сухих ветвей различается в зависимости от диаметра основания стволов, в связи с возрастом. При большем диаметре 64,4 %, при меньшем – 44,1 %. Живые ветви с коркой менее способны к удерживанию воды. Водоудерживающая способность ветвей сухостойных кустарников 72,7 %, что выше, чем данные для сухих ветвей, в 1,65 и 1,12 раза, для живых ветвей в 2,34 раза. Показано, что для лишайников более благоприятные сухие ветви на сухостое в соответствии со способностью удерживать воду. Распространение лишайников на можжевельнике в значительной мере связано с особенностями их субстратов. В сообществах можжевельника сухостойные кустарники защищены от интенсивного света, испарения, ветра. Ветви с хвоей в кроне можжевельника могут компенсировать недостаток влаги на корке живых ветвей за счет накопления воды на хвое при дожде и конденсации. Установлено, что удерживание воды на ветвях менее сильное, по сравнению с хвоей, примерно 10 % от удержания воды на хвое [10]. Это согласуется с полученными данными. Хвоя, покрытая кутикулой, обладает

гидрофобными свойствами. Это приводит к тому, что вода на хвое образует капли в форме мениска. Масса дождевой воды, удержанной на хвое, зависит от площади поверхности. Оценки показали, что средняя масса одной капли воды на хвое – 10,6 мг. Масса воды, задерживаемая в кроне взрослых деревьев, может достигать 25–58 кг [10]. Необходимые данные для оценки перехвата дождевых осадков на единицу площади, оценки стока при паводках в лесной гидрологии представляют биометрические показатели крон, площадь поверхности хвои, полнота древостоя. Перехват осадков кронами леса достигает 17 % от количества осадков на открытом месте [10]. Осадки слабой интенсивности (до 2 мм) поглощаются кронами и расходуются на испарение. Режим осадков в кронах влияет на рост лишайников.

Под пологом разных типов леса различаются экологические условия. Сырые сфагновые ельники особенно отличаются радиационным и температурным режимом от других типов леса. Видовое разнообразие лишайников выше на ели, и выявлено больше редких видов [2]. Старовозрастные леса, упавшие стволы, древесные остатки, представляют благоприятный для роста лишайников субстрат, формируют высокое разнообразие жизненных форм лишайников [11, 12]. В более старых лесах биомасса лишайников на ветвях ели образуется до 6 раз выше [13]. Больше разнообразие видов на древесине отмечено в более старых лесах, подвергаемых рубкам [11]. Нарушения вызывают снижение видового разнообразия и изменение необходимого экологического режима. В кроне ели показано влияние режима влажности на кустистые виды рода *Bryoria* [14]. При колонизации субстратов необходимы источники распространения [15]. Виды кустистых лишайников различаются по дальности разноса фрагментов талломонов.

Лишайник *Hypogymnia physodes* способен поселяться на ветвях раньше других видов, на самых ранних стадиях их освоения. Можжевельник обычно встречается на малоплодородных сухих песчаных почвах. Число видов лишайников на можжевельнике небольшое, 16–39 видов. Лимитирующие факторы для редких видов лишайников – загрязнение воздуха, нарушение местообитаний старовозрастных лесов, рубки. На специфичных почвах скальных обнажений известняков в бассейне р. Уса, в Коми на можжевельнике обнаружен редкий вид *Vulpicida juniperinus* (L.) J.-E. Mattson [16]. В северо-западном регионе вид также редкий.

Для оценки фоновых концентраций тяжелых металлов в лишайнике не рекомендуется выбирать березу из-за накопления в листьях Cd и Zn (в 3 раза выше) хвой можжевельника. На стволах можжевельника и березы Cd в лишайнике различается в 4,6 раз, на ветвях в 5,3 раза, Zn в 3–4 раза, Mn в 12–15 раз. На лиственных деревьях, в частности на иве козьей в средней тайге более разнообразная флора, по числу видов она превышает можжевельник [11]. Рябина способствует обогащению микроэлементного состава лишайников марганцем (Mn). Кроны можжевельника концентрируют осадки. На лишайник в кронах можжевельника влияют задерживание осадков на хвое и конденсация, в субстратах – субгоризонтальное расположение ветвей в кроне. Концентрации тяжелых металлов в лишайнике на можжевельнике в двух разных частях побережья Ладоги сопоставимы [5]. В участках можжевеловых сообществ на южном побережье в лишайнике выше концентрации Fe и Pb, что, вероятно, связано с загрязнением снега. В фоновых условиях среднетаежных лесов Карелии в лишайниках концентрации Fe – 500 мг/кг, Pb – 10 мг/кг [5]. Содержание Ni, Cu, Cd в лишайниках не превышает фоновые концентрации.

### Заключение

В сообществах можжевельников на побережье риск загрязнения лишайников связан с влиянием городской среды. На южном побережье Ладожского озера в лишайниках на сухих ветвях и стволах можжевельника в 1,6–1,7 раз выше концентрации Pb, по сравнению с юго-восточным. Рябина, как и береза, способствует накоплению Mn.

В соответствии с оценками субстратов, водоудерживающая способность ветвей сухостойных можжевельников 72,7%, что в 1,12–1,65 раз выше, по сравнению с данными для сухих ветвей в кронах живых можжевельников. Живые ветви с коркой слабее удерживают воду, 31,1 %. Тонкие ветви можжевельника с хвоей удерживают 80–117 % воды от массы ветви. В сообществах можжевельника на сухих ветвях и сухостое местообитания лишайников более благоприятные. Масса лишайника на сухостое выше, по сравнению с сухими ветвями – в 1,5–1,69 раза.

Сильного влияния загрязнения на лишайники не зарегистрировано. Сообщества можжевельника на южном побережье занимают меньшие площади, в них больше сухостойных кустарников, чем на юго-восточном побережье. На южном побережье на них в большей степени влияют застройка и антропогенные нарушения.

### Список литературы

1. Sorokina I.A., Volkova E.A., Kharmtsov V.N., Philipova A.V., Leostrin A.V. *Pulsatilla vulgaris* (Ranunculaceae) conservation in Russia: habitat management to enhance the only population // Ботанический журнал. 2024. Т. 109. № 9. С. 908–929. DOI: 10.31857/S0006813624090068. EDN: PABYDD.
2. Nirhamo A., Pikala J., Jaaskelainen K., Kouki J. Habitat associations of red-listed epiphytic lichens in Finland // *Silva Fennica*. 2023. Vol. 57 (1). 22 p. DOI: 10.14214/sf.22019.
3. Sleptsov I.V., Rozhina S.M., Prokopiev I.A., Mikhailov V.V., Alekseev K.V. Do epiphytic lichens negatively impact their hosts through allelopathy? The effect of *Evernia esorediosa* on growth and biochemical processes of *Larix gmelinii* // *Tree Physiology*. 2023. Vol. 43. P. 2076–2084. DOI: 10.1093/treephys/tpad106. EDN: XXIMWE.
4. Canali J., Hurtado P., Giordani P., Ellis C. Lichen hydration, moisture dynamics and climate change: a synthesis of established methods and potential new directions // *Fungal Biology Reviews*. 2025. Vol. 52. DOI: 10.1016/j.fbr.2025.100417.
5. Катаева М.Н., Беляева А.И. Содержание тяжелых металлов в эпифитном лишайнике *Hypogymnia physodes* в кронах можжевельника обыкновенного // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2023. № 11. С. 7–12. DOI: 10.17513/mjpf.13585. EDN: QFSPNK.
6. Пристова Т.А. Элементный состав растений в лиственных лесах послерубочного происхождения средней тайги Республики Коми // Принципы экологии. 2021. № 4. С. 80–88. EDN: GOUXME.
7. Ветчинникова Л.В., Кузнецова Т.Ю., Титов А.Ф. Особенности накопления тяжелых металлов в листьях древесных растений на урбанизированных территориях в условиях Севера // Труды КарНЦ. 2013. № 3. С. 68–73. EDN: QIOCSV.
8. Сысо А.И., Десяткин Р.В., Николаева М.Х., Иванова А.З., Филиппов Н.В., Десяткин А.Р., Худяев С.А. Элементный химический состав почв и растений Северной Якутии, его эколого-биогеохимическая оценка // Природные ресурсы Арктики и Субарктики. 2023. Т. 28 (1). С. 78–93. DOI: 10.31242/2618-9712-2023-28-1-78-93. EDN: APFOBY.
9. Табаленкова Г.Н., Далькэ И.В., Головки Т.К. Элементный состав биомассы некоторых видов лишайников бореальной зоны на Европейском Северо-Востоке // Известия Самарского НЦ РАН. 2016. Т. 18. № 2. С. 221–225. EDN: WKPIZJ.
10. Клименко Д.Е., Остахова А.Л. Моделирование потерь дождевых осадков в кронах хвойных деревьев // Лесоведение. 2020. № 4. С. 335–345. DOI: 10.31857/S0024114820040063. EDN: HBNRAU.
11. Bennell F., Spribille T., Houde I., Goward T., Bjork C. Lichens on down wood in logged and unlogged forest stands // *Canadian Journal of Forest Research*. 2008. Vol. 38. DOI: 10.1139/X07-206.
12. Boudreault C., Drapeau P., Bouchard M., St-Lourent M.-H., Imbeau L., Bergeron Y. Contrasting responses of epiphytic and terricolous lichens to variations in forest characteristics in northern boreal ecosystems // *Canadian Journal of Forest Research*. 2015. Vol. 45 (5). P. 595–606. DOI: 10.1139/cjfr-2013-0529.
13. Essen P.-A., Renhorn K.E., Pettersson R.B. Epiphytic lichen biomass in managed and old-growth boreal forests: effect of branch quality // *Ecological Application*. 1996. Vol. 228. 6 (1). DOI: 10.2307/2269566.
14. Essen P.A., Rönqvist M., Gauslaa Y., Coxson D.S. Externally held water – a key factor for hair lichens in boreal forest canopies // *Fungal Ecology*. 2017. № 30. P. 29–38. DOI: 10.1016/j.funeco.2017.08.003.
15. Dettki H., Klintberg P., Essen P.A. Are epiphytic lichens in young forests limited by local dispersal? // *Ecoscience*. 2000. Vol. 7 (3) P. 317–325. DOI: 10.1080/11956860.2000.11682601.
16. Дулин М.В., Железнова Г.В., Пыстина Т.Н., Семенова Н.А. Находки редких и нуждающихся в охране видов мхов и лишайников в Республике Коми // Бюллетень Брянского отделения РБО. 2018. № 1 (13). С. 70–73. DOI: 10.22281/2307-4353-2018-1-70-73. EDN: YTRMTB.