

СРАВНЕНИЕ СТРУКТУРЫ ПОПУЛЯЦИИ И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СЛОЕВИЩ *EVERNIA PRUNASTRI* (L.) ACH. ПО СТВОЛУ ЛИПЫ СЕРДЦЕЛИСТНОЙ В ЗАТЕНЕННОМ ПОЙМЕННОМ ЛИПНЯКЕ ЗА ПЕРИОД 2008–2017 ГОДОВ

© 2021

Суетина Ю.Г.

Марийский государственный университет (г. Йошкар-Ола, Российская Федерация)

Аннотация. Исследования проводили на территории Республики Марий Эл в пойменном липняке в условиях затенения. На замаркированных 19 деревьях липы сердцелистной на разной высоте ствола (0–0,5 м, 0,5–1 м, 1–1,5 м, 1,5–2 м) и на разных экспозициях (север, восток, юг, запад) изучали плотность, онтогенетическую структуру популяции и жизнеспособность слоевищ *E. prunastri*. За период с 2008 г. по 2017 г. выявлено увеличение плотности популяции *E. prunastri*, эти различия проявляются на высоте ствола 1,5–2 м. Слоевища на высоте 0–0,5 м не были найдены. Изменений в распределении слоевищ по экспозициям в разные годы не выявлено, наибольшее число слоевищ *E. prunastri* произрастает на северной экспозиции. В 2017 г. в популяции увеличивается доля особей v_1 , v_2 и g_2v онтогенетических состояний и уменьшается доля g_1v особей. Средняя жизнеспособность слоевищ *E. prunastri* снижается, ухудшение жизнеспособности в большей степени выражено у особей g_1v -ss онтогенетических состояний. Увеличение плотности популяций, уменьшение размеров слоевищ *Evernia prunastri* и *Hypogymnia physodes*, «омоложение» онтогенетической структуры популяции *E. prunastri* было показано ранее для освещенного пойменного липняка. Сходные процессы в разных экологических условиях и у разных видов свидетельствуют о закономерных изменениях в популяциях эпифитных лишайников, которые могут быть вызваны потеплением климата.

Ключевые слова: эпифитные лишайники; кустистый лишайник; *Evernia prunastri*; *Tilia cordata*; динамика популяций; плотность популяций; онтогенетическая структура популяций; жизнеспособность слоевищ; приспособленность; затененный пойменный липняк; река Большая Кокшага; Республика Марий Эл.

THE COMPARISON OF POPULATION STRUCTURE AND DISTRIBUTION OF THALLI *EVERNIA PRUNASTRI* (L.) ACH. ALONG THE TRUNK OF *TILIA CORDATA* IN A SHADED FLOODPLAIN LIME-TREE FOREST FOR 2008–2017

© 2021

Suetina Yu.G.

Mari State University (Yoshkar-Ola, Russian Federation)

Abstract. The research was carried out in shaded flooded lime-tree forest on the territory of the Mari El Republic. Population density, ontogenetic structure of populations and thalli vitality of *E. prunastri* were explored on 19 marked trees of heart-leaved linden on different tree trunk heights (0–0,5 m, 0,5–1 m, 1–1,5 m, 1,5–2 m) and on different expositions (north, east, south, west). For the period from 2008 to 2017 an increase in the population density of *E. prunastri* was founded. These differences appear at the trunk height of 1,5–2 m. Thalli were not founded at the height of 0–0,5 m. No changes in the distribution of thalli by exposure in different years were revealed. The most of *E. prunastri* thalli grow on the northern exposure. In 2017 in the population the specimens share of v_1 , v_2 and g_2v of ontogenetic states increases and the specimens share of g_1v decreases. The average vitality of *E. prunastri* thalli decreases, the deterioration of vitality is more pronounced among individuals in g_1v -ss ontogenetic states. An increase in the population density, a decrease in the size of the *E. prunastri* thalli and *Hypogymnia physodes*, a «rejuvenation» of the ontogenetic structure of the *E. prunastri* thalli were shown earlier for the illuminated floodplain lime forest. Similar processes in different environmental conditions and in different species indicate regular changes in the populations of epiphytic lichens, which can be caused by climate warming.

Keywords: epiphytic lichens; fruticose lichen; *Evernia prunastri*; *Tilia cordata*; population dynamics; population density; ontogenetic structure of populations; vitality; fitness; shaded flooded lime-tree forest; Bolshaya Kokshaga river; Mari El Republic.

Введение

Известно, что лишайники являются чувствительными организмами к изменениям окружающей среды. Основными экологическими факторами в жизни лишайников являются освещенность, влажность и температура [1]. Они чутко реагируют на микроклиматические изменения [2–5]. Эпифитные лишайники давно используются как индикаторы загрязнения воздушной среды [6; 7]. В последние годы их стали использовать в качестве индикаторов потепления климата [8; 9]. Изучение влияния высоких температур на лишайник *Evernia prunastri* (L.) Ach., измене-

ние соотношения хлорофиллов при длительном пребывании в темноте позволило предположить, что лишайники могут быть использованы не только для мониторинга изменений климата, но и для мониторинга глобального затемнения [10].

В связи с этим актуальны исследования структуры популяций эпифитных лишайников в динамике, позволяющие выявить разные адаптации к изменению среды обитания на популяционном уровне. В условиях освещенного пойменного липняка для кустистого лишайника *Evernia prunastri* и листоватого лишайника *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl. было от-

мечено значительное увеличение числа и уменьшение размеров слоевищ, наиболее выраженное у светолюбивого *E. prunastri* [11]. Целью настоящего исследования является анализ динамики плотности, распределения числа слоевищ по стволу, онтогенетической структуры популяции и жизнеспособности слоевищ *E. prunastri* в пойменном липняке в условиях меньшей освещенности.

Материал и методы исследований

Исследования проводились на территории Республики Марий Эл в липняке пихтово-страусниково-ландышевом на участке, расположенном в глубине леса. Этот участок является продолжением освещенного липняка [11]. В 2008 г. структура популяции *E. prunastri* была изучена на 20 замаркированных деревьях липы сердцелистной (*Tilia cordata* Mill.) [12], в 2017 г. проведены повторные исследования на 19 деревьях, 1 дерево выпало из состава древостоя. На каждом дереве на 4-х экспозициях: север, восток, юг, запад; на 4-х высотах: 0–0,5 м, 0,5–1 м, 1–1,5 м, 1,5–2 м производился подсчет числа особей *E. prunastri* в разных онтогенетических состояниях: в виргинильных (v_1 , v_2), потенциально молодом генеративном (g_1v), потенциально средневозрастном генеративном (g_2v), потенциально старом генеративном (g_3v), субсенильном (ss). Размер слоевища в сухом состоянии измерялся с помощью сетки 10×10 см и оценивался как площадь поверхности таллома (см^2), проецируемая по отношению к стволу дерева. На высоте 0–0,5 м слоевища не были отмечены, их отсутствие учитывали при анализе плотности популяции. Для слоевищ в каждом онтогенетическом состоянии определяли жизнеспособность, использовали 5-балльную шкалу, учитывающую степень повреждения слоевища [13]. В работе применяли дисперсионный анализ, критерий χ^2 [14], использовали программу «Statistica».

Результаты исследования и их обсуждение

Результаты четырехфакторного дисперсионного анализа показали, что число слоевищ *E. prunastri* статистически значимо различается в разные годы ($P = 0,047$), на разных деревьях ($P = 1,9 \times 10^{-5}$), высотах ($P = 2,6 \times 10^{-5}$) и экспозициях ($P = 0,002$), значимы взаимодействия факторов: дерево-высота ($P = 4 \times 10^{-4}$), дерево-экспозиция ($P = 0,005$), дерево-год-высота ($P = 0,002$), дерево-год-экспозиция ($P = 1,9 \times 10^{-5}$), дерево-высота-экспозиция ($P = 0,02$); взаимодействия дерево-год, год-экспозиция, высота-экспозиция, год-высота-экспозиция не значимы.

Число слоевищ *E. prunastri* на участке ствола до 2 м в 2017 г. по сравнению с 2008 г. увеличилось почти в 2 раза (рис. 1): в 2008 г. в этом местообитании произрастало 457 слоевищ (среднее число слоевищ на дереве – 24,1), в 2017 г. – 860 слоевищ (среднее – 45,3). Необходимо подчеркнуть, что увеличение плотности популяции *E. prunastri* происходит на фоне естественной гибели слоевищ [15]. Наибольшее число слоевищ на дереве в 2008 г. – 129, в 2017 г. – 174, причём эти максимумы характерны для разных деревьев. Больше число слоевищ отмечено на лучше освещенных деревьях. На 5 деревьях слоевища *E. prunastri* не были найдены. Лишайник *E. prunastri* является требовательным к свету [16]. В хорошо освещенном местообитании слоевища *E. prunastri* встречаются на всех деревьях [11], здесь была установлена

положительная связь освещенности и числа слоевищ [17]. В затененном липняке в 2008 г. было отмечено дерево, на котором произрастало 2 слоевища, в 2017 г. слоевищ на этом дереве не было найдено. На другом дереве, наоборот, слоевищ не было, в 2017 г. отмечено 5 слоевищ. Такие изменения могут быть следствием изменений в древостое (например, образование окон), которые приводят к микроклиматическим изменениям отдельных деревьев. Так, в работе по изучению влияния климата [18] отмечается, что помимо прямого воздействия климата косвенное влияние может неожиданным образом изменить эпифитные сообщества. Например, увеличение или уменьшение степени облиственности дерева могут повлиять на доступность света, который может по-разному влиять на виды лишайников в зависимости от различного предпочтения к освещенности.

В условиях затенения на высоте ствола 0–0,5 м слоевища *E. prunastri* не были отмечены, в местообитании с хорошей освещенностью слоевища на этой высоте встречаются [11; 12]. По мере увеличения высоты на стволе от 0,5 м до 2 м число слоевищ возрастает (рис. 2), средние значения числа слоевищ статистически высоко значимо различаются на трех сравниваемых высотах ствола ($P = 6 \times 10^{-4}$ – $1,1 \times 10^{-16}$). Как в 2008 г., так и в 2017 г. происходит увеличение числа слоевищ от высоты 0,5–1 м до высоты 1,5–2 м (рис. 2). При этом в 2008 г. высоты 1–1,5 м и 1,5–2 м не различаются по числу слоевищ, в 2017 г. все три высоты различаются по числу слоевищ. Различия в разные годы выявлены на высоте 1,5–2 м, на которой число слоевищ в 2017 г. значительно возрастает. Число слоевищ на разных высотах изменяется на разных деревьях по-разному. Так, на деревьях 3 и 7 все высоты различаются по числу слоевищ. На дереве 2 высота 1,5–2 м отличается большим числом слоевищ от двух нижерасположенных высот. На дереве 16 наибольшее число слоевищ отмечено на высотах 1–1,5 и 1,5–2 м, отличающихся от высоты 0,5–1 м. На других деревьях нет различий по числу слоевищ между высотами.

На северной экспозиции наблюдается больше особей, чем на других экспозициях ($P = 1,9 \times 10^{-5}$ – $8,5 \times 10^{-13}$) (рис. 3). По числу слоевищ западная экспозиция преобладает над восточной и южной ($P = 0,03$ – $0,006$), которые не различаются между собой ($P = 0,96$). Северная экспозиция является оптимальной по освещенности и влажности для *E. prunastri* в данном местообитании. В разные годы не выявлены различия по числу слоевищ между экспозициями.

Выявленные тройные взаимодействия факторов дерево-год-высота, дерево-год-экспозиция, дерево-высота-экспозиция свидетельствуют о сложном характере изменений, которые происходят на отдельных деревьях.

Изучение онтогенетической структуры популяций лишайников весьма важно в плане прояснения вопросов ее устойчивости и возможностей самоподдержания. При сравнении онтогенетической структуры популяции *E. prunastri* в 2008 и 2017 гг. было показано, что разница между годами является статистически высоко значимой (критерий χ^2 , $P < 10^{-6}$). На рисунке 4 можно видеть, что в онтогенетической структуре популяции *E. prunastri* в 2008 и 2017 гг. присутствуют слоевища v_1 -ss онтогенетических состояний, преобладают v_2 особи. Наиболее выражен-

ное увеличение особей в 2017 г. наблюдается в v_2 и g_2v состояниях. В 2017 г. по сравнению с 2008 г. доля g_1v особей уменьшилась в 2 раза (22,7%, и 10,2%, соответственно). Это может быть вызвано переходом слоевищ в g_2v состояние и задержкой развития v_2 особей. У *E. prunastri* в освещенном пойменном липняке в онтогенетическом спектре популяции также преобладают v_2 особи [11]. Это характерная черта *E. prunastri*, отмеченная для разных местообитаний [19]. Для *Pseudevernia furfuracea* (L.) Zopf также характерна большая частота слоевищ в v_2 онтогенетическом состоянии в разных экологических условиях [20].

Сравнение жизнестойкости особей *E. prunastri* в 2008 и 2017 гг. проводили в v_1 -ss онтогенетических состояниях с использованием критерия χ^2 . Необходимо отметить, что особи с самым низким баллом жизнестойкости 1 не были встречены. Жизнестойкость v_1 особей различается в сравниваемые годы исследований ($P < 0,001$). При этом 2017 г. отличается от 2008 г. более низкой долей особей с баллом жизнестойкости 5 (87,5% и 100% соответственно). В v_2 онтогенетическом состоянии распределения жизнестойкости статистически значимо различаются в сравниваемые годы ($P < 0,0001$). В 2017 году особи с баллом жизнестойкости 5 характеризуются меньшей долей, чем в 2008 г. (64% и 84,4% соответственно), а слоевища с баллом жизнестойкости 4 имеют большую долю в 2017 г. (33,9%) по сравнению с 2008 г. (11,5%). В g_1v

и g_2v онтогенетических группах жизнестойкость слоевищ также различается ($P < 0,0001$). В 2017 г. в этих двух состояниях резко уменьшается доля особей с баллом жизнестойкости 5: g_1v – 5,7%, g_2v – 0%, в 2008 г. она составляла 65,2% и 52,9% соответственно. Различий по жизнестойкости g_3v слоевищ не было выявлено ($P > 0,6$). Разница в ss онтогенетическом состоянии статистически значима ($P < 0,008$). В 2017 г. по сравнению с 2008 г. возрастает доля ss особей с баллом жизнестойкости 3 (68,7% и 14,3% соответственно), появляются особи с баллом жизнестойкости 2 (18, 8%). Результаты двухфакторного дисперсионного анализа (одно наблюдение в ячейке) показали, что различия средней жизнестойкости популяции *E. prunastri* в 2017 и 2008 гг. статистически значимы ($P = 0,02$). На рисунке 5 представлено изменение средней жизнестойкости особей *E. prunastri* в последовательных онтогенетических состояниях в разные годы. Прослеживается четкая тенденция снижения средней жизнестойкости в ходе онтогенеза. Во всех онтогенетических состояниях средняя жизнестойкость в 2017 г. ниже, чем в 2008 г., наиболее выражено это у g_1v -ss особей. Уменьшение жизнестойкости особей *E. prunastri* в онтогенезе было показано ранее как для природных, так и для антропогенных местообитаний. При этом меньшая жизнестойкость отмечена не только для городской среды, но и для освещенного природного местообитания [12].

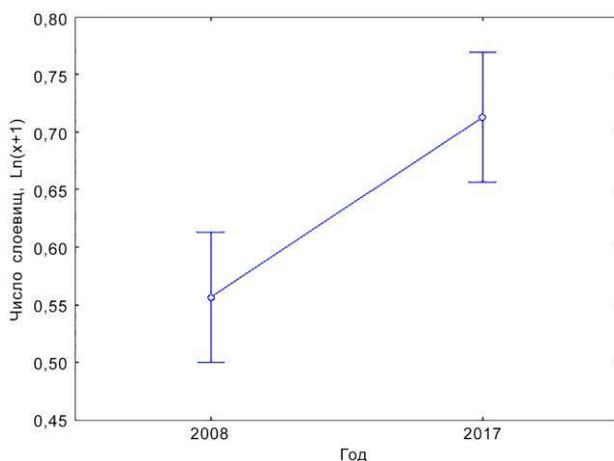


Рисунок 1 – Число слоевищ *E. prunastri* в разные годы

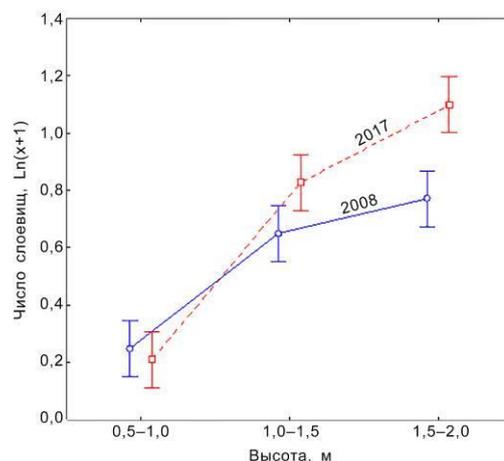


Рисунок 2 – Число слоевищ *E. prunastri*, взаимодействие год-высота

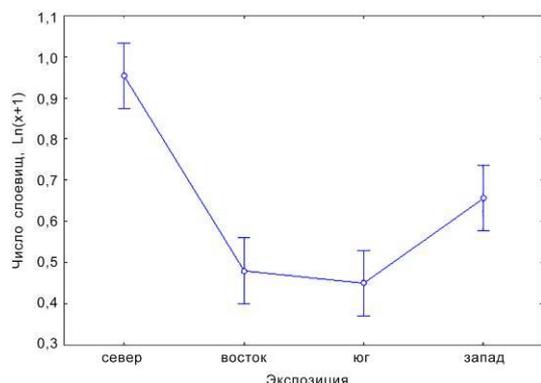


Рисунок 3 – Число слоевищ *E. prunastri* на разных экспозициях

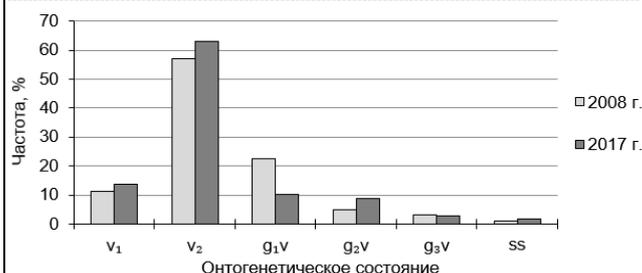


Рисунок 4 – Онтогенетическая структура популяции *E. prunastri*

В 2017 г. в этом местообитании была изучена размерная структура популяции *E. prunastri*: v_1 особи имеют размеры 0,1–0,2 см², v_2 особи – 0,3–0,4 см², g_{1v} особи – 0,7–8 см², g_{2v} особи – 1–18 см², g_{3v} особи – 3–23 см², ss особи – 0,8–5 см². Слоевища имеют наибольшие размеры на северной экспозиции и увеличиваются в размерах от высоты 0,5 до 2 м [21]. В освещенном пойменном липняке выявлено уменьшение размеров слоевищ *E. prunastri* с 2008 по 2016 гг. [11].

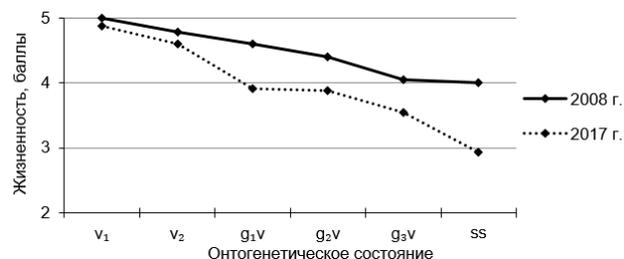


Рисунок 5 – Средняя жизненность популяции *E. prunastri* в разных онтогенетических состояниях

Заключение

Несмотря на неблагоприятные для светлюбивого вида *E. prunastri* условия затенения в пойменном липняке, в 2017 г. по сравнению с 2008 г. плотность популяции увеличивается почти в 2 раза. Увеличение числа слоевищ *E. prunastri* отмечено лишь на некоторых деревьях. Распределение числа слоевищ по стволу липы сердцелистной в разные годы различается. В 2008 г. по числу слоевищ выделялось 2 высоты: высота 0,5–1 м с меньшим числом слоевищ, две другие высоты 1–1,5 м и 1,5–2 м с большим числом слоевищ не различались между собой. На высоте 0–0,5 м в этом местообитании слоевища не были найдены. В 2017 г. все три высоты на стволе различались по числу слоевищ за счет произошедшего прироста слоевищ на высоте 1,5–2 м. Различий между экспозициями в разные годы не выявлено. Наибольшее число слоевищ предпочитает поселяться на северной экспозиции, далее в порядке убывания числа слоевищ следует западная экспозиция и с наименьшим числом слоевищ – восточная и южная экспозиции. В онтогенетической структуре популяции *E. prunastri* в 2017 г. увеличивается доля прегенеративных (v_1 и v_2) особей. Увеличение особей g_{2v} онтогенетической группы произошло за счет перехода в это состояние g_{1v} особей, доля которых сократилась. В 2017 г. отмечено снижение средней жизненности слоевищ, наиболее выраженное у потенциально генеративных и ss особей. Изменения в популяции *E. prunastri* вызваны микроклиматическими особенностями, которые способствуют эффективно размножению и выживаемости молодых слоевищ. Необходимо отметить, что значительное увеличение плотности популяций, уменьшение размеров слоевищ у *E. prunastri* и *H. physodes*, увеличение доли молодых слоевищ *E. prunastri* было отмечено в условиях хорошей освещенности в пойменном липняке [11]. Сходные процессы в разных экологических условиях и у разных видов свидетельствуют о закономерных изменениях в популяциях эпифитных лишайников, которые могут быть вызваны потеплением климата.

Список литературы:

1. Макрый Т.В. Экология лишайников // Флора лишайников России: Биология, экология, разнообразие и методы изучения лишайников. М., СПб.: КМК, 2014. С. 187–203.
2. Canters K.J., Schöllerj H., Ott S., Jahns H.M. Microclimatic influences on lichen distribution and community development // The Lichenologist. 1991. Vol. 23, iss. 3. P. 237–252. DOI: 10.1017/S0024282991000403.
3. Hauck M., Hofmann E., Schull M. Site factors determining epiphytic lichen distribution in a dieback-affected spruce-fir forest on Whiteface Mountain, New York: microclimate // Annales Botanici Fennici. 2006. Vol. 43. P. 1–12.
4. López L.G.C., Medina E.A.S., Peña A.M. Effects of microclimate on species diversity and functional traits of corticolous lichens in the Popayan Botanical Garden (Cauca, Colombia) // Cryptogamie. Mycologie. 2016. Vol. 37, № 2. P. 205–215.
5. Суетина Ю.Г. Распределение слоевищ лишайника *Pseudovernia furfuracea* (L.) Zopf по стволу сосны обыкновенной в разных типах сосняков с разным положением в рельефе // Самарский научный вестник. 2020. Т. 9, № 3. С. 137–141. DOI: 10.17816/snv202093122.
6. Бязров Л.Г. Лишайники в экологическом мониторинге. М.: Научный мир, 2002. 336 с.
7. Пчелкина Т.А., Кухта А.Е., Пчелкин А.В. Влияние климатических и антропогенных факторов на лишенобиоту в условиях мегаполиса Москвы // Метеорология и гидрология. 2020. № 7. С. 103–111.
8. Инсаров Г.Э. Лишайники в условиях глобального изменения климата // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. Т. 18. СПб.: Гидрометеиздат, 2002. С. 109–141.
9. Aptroot A. Lichens as an indicator of climate and global change. Letcher TM ed. Climate Change: Observed impacts on Planet Earth. Oxford, Elsevier, 2009. 444 p.
10. Pisani T., Paoli L., Gaggi C., Pirintsos S., Loppi S. Effects of high temperature on epiphytic lichens: Issues for consideration in a changing climate scenario // Plant Biosystems. 2007. Vol. 141, № 2. P. 164–169.
11. Суетина Ю.Г., Иванов С.М. Динамика структуры популяций эпифитных лишайников *Evernia prunastri* (L.) Ach. и *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl. на липе сердцелистной в пойменном липняке реки Большая Кокшага // Самарский научный вестник. 2019. Т. 8, № 1. С. 110–115. DOI: 10.17816/snv201981119.
12. Суетина Ю.Г., Ямбердова Е.И. Структура популяции и жизненность особей *Evernia prunastri* (L.) Ach. на липе сердцелистной в пойме реки Большая Кокшага // Научные труды заповедника «Большая Кокшага». 2009. Вып. 4. С. 156–165.
13. Суетина Ю.Г., Ямбердова Е.И. Онтогенез и возрастно-виталитетная структура популяции лишайника *Evernia prunastri* (L.) Ach. // Вестник Удмуртского ун-та. Сер. Биология. Науки о Земле. 2010. Вып. 3. С. 44–52.
14. Глотов Н.В., Животовский Л.А., Хованов Н.В., Хромов-Борисов Н.Н. Биометрия. Л.: ЛГУ, 1982. 264 с.
15. Суетина Ю.Г., Дмитриева С.В., Трубянов А.Б., Софронов Г.Ю., Иванов С.М., Глотов Н.В. Выживаемость и пути онтогенеза слоевищ эпифитного лишайника эвернии сливовой (*Evernia prunastri* (L.) Ach.) // Проблемы популяционной биологии: мат-лы XII всерос. популяционного семинара памяти Николая Васильевича Глотова (1939–2016), Йошкар-Ола, 11–14 апреля 2017 г. Йошкар-Ола: ООО ИПФ «Стинг», 2017. С. 218–220.

16. Johansson V., Bergman O., Lättman H., Milberg P. Tree and site quality preferences of six epiphytic lichens growing on oaks in southeastern Sweden // *Annales Botanici Fennici*. 2009. Vol. 46, № 6. P. 496–506.

17. Гаранина Е.В., Рябинина С.А., Суетина Ю.Г. Оценка микроклиматических условий в разных местообитаниях эвернии сливовой (*Evernia prunastri* (L.) Ach.) // Актуальные проблемы экологии, биологии и химии: мат-лы всерос. конф. Йошкар-Ола: Мар. гос. ун-т, 2010. С. 163–165.

18. Smith R.J., Nelson P.R., Jovan S., Hanson P.J., McCune B. Novel climates reverse carbon uptake of atmospherically dependent epiphytes: Climatic constraints on the iconic boreal forest lichen *Evernia mesomorpha* // *American Journal of Botany*. 2018. Vol. 105, № 2. P. 266–274.

19. Глотов Н.В., Суетина Ю.Г., Трубянов А.Б., Ямбердова Е.И., Иванов С.М. Демографическая структура популяции эпифитного лишайника *Evernia prunastri* (L.) Ach. в липняках Республики Марий Эл // Вестник Удмуртского ун-та. Сер. Биология. Науки о Земле. 2012. Вып. 3. С. 41–49.

20. Теплых А.А. Структура популяции лишайника *Pseudevernia furfuracea* (L.) Zopf: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.02.08. Казань, 2011. 23 с.

21. Суетина Ю.Г., Соколова С.Г. Размерная структура популяции эвернии сливовой (*Evernia prunastri* (L.) Ach.) в затененном липняке в пойме р. Большая Кокшага // Современные проблемы медицины и естественных наук: сб. ст. всерос. науч. конф. Вып. 7, Йошкар-Ола, 23–27 апреля 2018 г. Йошкар-Ола, 2018. С. 196–200.

Информация об авторе(-ах):	Information about the author(-s):
Суетина Юлия Геннадьевна, кандидат биологических наук, доцент кафедры биологии; Марийский государственный университет (г. Йошкар-Ола, Российская Федерация). E-mail: suetina@inbox.ru.	Suetina Yulia Gennadjevna, candidate of biological sciences, associate professor of Biology Department; Mari State University (Yoshkar-Ola, Russian Federation). E-mail: suetina@inbox.ru.

Для цитирования:

Суетина Ю.Г. Сравнение структуры популяции и распределения слоевищ *Evernia prunastri* (L.) Ach. по стволу липы сердцелистной в затененном пойменном липняке за период 2008–2017 годов // Самарский научный вестник. 2021. Т. 10, № 2. С. 99–103. DOI: 10.17816/snv2021102115.