

## ВЛИЯНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА НАКОПЛЕНИЕ ВТОРИЧНЫХ МЕТАБОЛИТОВ ЛИШАЙНИКОВ РОДА *CLADONIA* И СЕМЕЙСТВА PARMELIACEAE

© 2021

Корчиков Е.С., Зеленская Е.А., Халикова Л.В., Турченко П.С.

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва

(г. Самара, Российская Федерация)

**Аннотация.** В данной статье приводятся максимумы поглощения 10-ти вторичных метаболитов лишайников в 96% растворе спирта. Также проведена оценка содержания лишайниковых кислот, произрастающих в Муранском боре, Бузулукском боре, Красносамарском лесном массиве и в Большечерниговском районе Самарской области. Все исследуемые нами виды накапливают больше вторичных метаболитов при произрастании в Красносамарском лесном массиве по сравнению с таковыми в Бузулукском боре в 1,12–5,47 раз. С точки зрения медицины и сельского хозяйства как сырьё для лекарственных препаратов, а также для препаратов с фунгицидной и инсектицидной активностью целесообразнее собирать материал именно в Красносамарском лесном массиве и других районах в степной зоне с похожими контрастными экологическими факторами, где суммарное количество действующего вещества больше. Суммарное содержание вторичных метаболитов убывает в ряду: *Evernia mesomorpha* > *Hypogymnia physodes* > *Evernia prunastri* > *Xanthoparmelia camtschadalis* > *Parmelia sulcata* > *Pseudevernia furfuracea* > *Cladonia arbuscula* > *Cladonia furcata* > *Cladonia fimbriata* > *Cladonia rangiferina*. В целом изученные представители рода *Cladonia* накапливают меньше вторичных метаболитов в 2 раза и более, чем представители семейства Parmeliaceae.

**Ключевые слова:** экология лишайников; лишайникообразующие грибы; *Evernia mesomorpha*; *Hypogymnia physodes*; *Evernia prunastri*; *Xanthoparmelia camtschadalis*; *Parmelia sulcata*; *Pseudevernia furfuracea*; *Cladonia arbuscula*; *Cladonia furcata*; *Cladonia fimbriata*; *Cladonia rangiferina*; вторичные метаболиты лишайников.

## ENVIRONMENTAL CONDITIONS INFLUENCE ON THE ACCUMULATION OF SECONDARY METABOLITES OF LICHENS OF THE GENUS *CLADONIA* AND THE FAMILY PARMELIACEAE

© 2021

Korchikov E.S., Zelenskaya E.A., Khalikova L.V., Turchenko P.S.

Samara National Research University (Samara, Russian Federation)

**Abstract.** This paper gives the maximum absorption of 10 secondary metabolites of lichens in a 96% alcohol solution. An assessment of the content of lichen acids growing in the Muransky pine forest, the Buzuluk pine forest, the Krasnosamarsky Woodland and in the Bolshechernigovskiy district of the Samara Region was also carried out. All the species studied by us accumulate more secondary metabolites when growing in the Krasnosamarsky Woodland in comparison with those in the Buzuluk pine forest by 1,12–5,47 times. From the point of view of medicine and agriculture, as a raw material for drugs, as well as for drugs with fungicidal and insecticidal activity, it is more expedient to collect material in the Krasnosamarsky Woodland and other areas in the steppe zone with similar contrasting ecological factors, where the total amount of active stuff is more. The total content of secondary metabolites decreases in the order: *Evernia mesomorpha* > *Hypogymnia physodes* > *Evernia prunastri* > *Xanthoparmelia camtschadalis* > *Parmelia sulcata* > *Pseudevernia furfuracea* > *Cladonia arbuscula* > *Cladonia furcata* > *Cladonia fimbriata* > *Cladonia rangiferina*. In general, the studied representatives of the genus *Cladonia* accumulate secondary metabolites 2 times or more less than representatives of the Parmeliaceae family.

**Keywords:** ecology of lichens; lichen-forming fungi; *Evernia mesomorpha*; *Hypogymnia physodes*; *Evernia prunastri*; *Xanthoparmelia camtschadalis*; *Parmelia sulcata*; *Pseudevernia furfuracea*; *Cladonia arbuscula*; *Cladonia furcata*; *Cladonia fimbriata*; *Cladonia rangiferina*; secondary metabolites of lichens.

Как известно, биохимический состав лишайников, отличающийся своей исключительностью, позволяет включать их компоненты в состав лекарственных средств, которые успешно находят своё применение в медицинской практике [1, с. 32; 2, с. 135]. Наиболее ценными из них являются вторичные метаболиты – лишайниковые кислоты, обладающие антибиотической, антибактериальной, антиоксидантной, противовирусной и другими формами активностями [3, с. 121]. На их долю приходится около 5% сухой массы, они представлены безазотистыми соединениями фенольного типа, близки к дубителям, однако имеют менее сложное строение [4, с. 9].

Являясь фенольными соединениями, лишайниковые кислоты обладают окислительно-восстановительными свойствами, могут играть важную роль в поглощении и нейтрализации свободных радикалов, тушении синглетного и триплетного кислорода или разложении пероксидов, в значительной степени обладают антиоксидантными свойствами [5, р. 5]. К таким метаболитам относятся канарион, вермикуларин, тамноловая, скваматовая, норстиксовая, баемицетовая, леканоровая, барбатовая, усниновая кислоты [6, с. 1186]. Так, в исследовании [7, с. 152] было получено, что гирофоровая кислота из талломов *Lasallia pensylvanica* проявляла антиоксидантную активность

относительно супероксид-аниона, ингибировала перекисное окисление липидов и восстанавливала ионы Fe (II). Как отмечают авторы исследования, противорадикальная активность гирофоровой кислоты относительно супероксид-аниона и NO радикалов была выше в 1,3 и 1,6 раза соответственно по сравнению с уже известным антиоксидантом – дигидрохверцетином. Данный факт делает её многообещающим составным компонентом, который в дальнейшем может использоваться в области фармацевтики и косметологии.

Многие лишайниковые кислоты обладают довольно сильной антибактериальной активностью. Например, в исследовании [8, р. 1014] из образцов лишайников *Cladonia furcata*, *Ochrolechia androgyna*, *Parmelia caperata* и *Parmelia conspersa* были получены вторичные метаболиты и изучены их антибактериальные свойства в отношении таких организмов, как *Bacillus mycoides*, *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus* (грамположительные бактерии) и *Enterobacter cloacae*, *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumonia* (грамотрицательные бактерии). Фумарпротоцетраровая, леканоровая и протоцетраровая кислоты тормозили рост всех исследованных микроорганизмов. Наименьшее значение концентрации было измерено для фумарпротоцетраровой кислоты – 0,031 мг/мл, относящейся к виду *Klebsiella pneumoniae*. В целом все исследуемые лишайниковые кислоты обладали относительно высоким уровнем антибактериального действия, даже выше антибиотика стрептомицина, что положительным образом может рассматриваться для их дальнейшего применения в фармацевтической промышленности.

Наиболее часто в медицине находит применение усниновая кислота, показывающая значительную биологическую активность, в том числе антибиотическую [9, р. 165]. Её применяли в качестве антибиотика ещё до открытия пенициллина, а после наблюдаемой явной склонности бактерий к резистентности интерес к ней возрос вновь [10, с. 135]. Так, в рамках различных исследований выявляется наибольшее антибактериальное действие именно усниновой кислоты. В исследовании [11, р. 11] было выявлено самое сильное антибактериальное действие усниновой кислоты среди всех остальных исследуемых кислот. Подтверждение данных результатов можно найти и в отечественных исследованиях [3; 12].

К настоящему времени идентифицировано более 800 вторичных метаболитов лишайников, большинство из которых показывают широкий спектр биологической активности [7, с. 149], в том числе бактерицидной, фунгицидной, противовирусной, противовоспалительной, обезболивающей, жаропонижающей, антипролиферативной и цитотоксической [4, с. 6]. В связи с этим лишайниковые кислоты с большей степенью вероятности могут рассматриваться в качестве возможных источников получения новых лекарственных средств с наличием вышеперечисленных биологических активностей [13, р. 318], чем и вызвана актуальность данного исследования.

В настоящее время проведено немало исследований касательно лишайниковых кислот и их свойств [1], в рамках которых указываются физиологические особенности лишайников. Как было сказано ранее, указанные особенности очень важно принимать во внимание, поскольку они оказывают значительное влияние на итог изучаемых закономерностей. При

извлечении вторичных метаболитов лишайников необходимо учитывать специфику их распространения в слоевище, отличающееся характерными закономерностями. Так, было установлено, что лишайниковые кислоты активно участвуют в обмене веществ, вследствие чего не происходит их неограниченного накопления [14, с. 50]. Исследования показывают, что их концентрация зависит от содержания воды в слоевище. Это обуславливается следующими факторами: сезоном (весной и осенью лишайник обильно насыщается водой, из-за чего в эти периоды наблюдается наивысшее количественное содержание вторичных метаболитов [15, с. 79]; почвенно-климатическими условиями произрастания (в условиях лесного пояса, например, где отмечается высокий уровень выпадения осадков, выявляется наибольшее количество вторичных метаболитов в слоевище) [3, с. 122; 15, с. 79; 16, с. 77]; конкретным участком таллома (вода накапливается в более молодых, верхних частях лишайника [15, с. 81; 17, с. 38], часто в соредиях и апотециях [14, с. 52]).

Кумулятивные свойства лишайников в немалой степени зависят от видовых особенностей, жизненной формы, их принадлежности к определённым экологическим группам [15, с. 79].

Следует отметить, что методы извлечения лишайниковых кислот также влияют на полученные результаты. В работе [14, с. 52] предварительное измельчение лишайника значительно повышало эффективность получения метаболитов.

Целью настоящего исследования является изучение влияния экологических условий на накопление вторичных метаболитов лишайников рода *Cladonia* (*C. arbuscula*, *C. fimbriata*, *C. furcata*, *C. rangiferina*) и семейства Parmeliaceae (*Hypogymnia physodes*, *Evernia mesomorpha*, *Evernia prunastri*, *Parmelia sulcata*, *Xanthoparmelia camtschadalis*, *Pseudevernia furfuracea*).

#### Районы исследования

В качестве районов исследований нами были избраны крупнейшие лесные массивы в лесостепной и степной зонах: Бузулукский бор, Красносамарский лесной массив, Муранский бор, где и были собраны большинство исследуемых нами видов.

Бузулукский бор расположен в Заволжье в бассейне реки Самара на границе Самарской и Оренбургской областей, между 52°50'–53°10' с.ш. и 51°45'–52°30' в.д. Это самый крупный лесной массив на границе лесостепи и степи на юго-востоке Европейской России [18, с. 208].

Красносамарское лесничество представляет собой единственный относительно крупный лесной массив в пределах настоящих степей в Самарской области. На востоке он сливается с Бузулукским бором [19].

Памятник природы регионального значения «Муранский бор» расположен в Львовском лесничестве Шигонского района в 12 км на восток от районного центра с. Шигоны и имеет общую площадь 1922,17 га. Бор стоит на песчаной холмистой террасе, которая возвышается над поймой реки Усы с небольшим наклоном в сторону Усинского залива. Лесной массив препятствует воздействию ветровой эрозии на террасы и играет водозащитную роль [20; 21, с. 335].

Также в нашей работе мы использовали эпигейный степной лишайник *Xanthoparmelia camtschadalis*, который был собран в Большечерниговском районе Самарской области (в окрестностях п. Поля-

ков). Мы решили изучить данный вид потому, что только он среди лишайников является фармакопейным [22].

#### Методы исследования

Чтобы выявить качественный и количественный составы вторичных метаболитов лишайников, точно взвешенную навеску лишайника (0,1 г) заливали 6 мл 96% этилового спирта и экстрагировали на водяной бане в течение часа и сняли спектры, разбавляя экстракты лишайников в 50 раз. Исходные экстракты не утилизовали, а оставили для исследования качественного состава методом тонкослойной хроматографии.

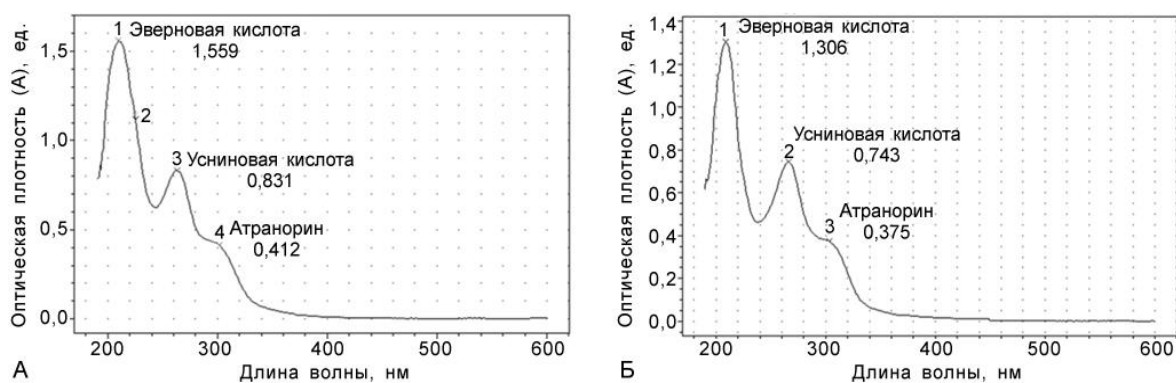
Спектрофотометрическое исследование проводили для количественной оценки содержания вторичных метаболитов лишайников во всех исследуемых нами видах. Мы использовали спектрофотометр ПЭ-5400 УФ ООО «ЭКРОСХИМ». Поскольку мы не знаем максимумы поглощения всех лишайниковых метаболитов, то мы снимали спектры при длине волны 190–600 нм в кюветах с толщиной слоя 10 мм и с шагом 1 нм. В качестве контроля использовали 96% спирт. В качестве примера на рис. 1 приведено 2 спектра экстрактов 96% этиловым спиртом из лишайника *Evernia prunastri*, выросшего в разных экологических условиях. Аналогичные спектры были получены для всех изученных нами видов лишайников.

Для идентификации вторичных метаболитов лишайников мы использовали метод тонкослойной хроматографии [23]. Для этого нам понадобились алюминиевые пластины с силикагелем с флюоресцирующим индикатором при длине волны 254 нм фир-

мы Macherey-nagel. Линию старта наносили простым карандашом на расстоянии 1,5 см от края пластины. На линию старта капилляром наносили 0,1 мл исследуемого экстракта. Для ускорения высушивания использовали УСП-1. Затем выдерживали пластину в течение 10 минут в парах ледяной уксусной кислоты, после чего помещали в хроматографическую камеру в систему растворителя С – толуол: ледяная уксусная кислота в соотношении 17:3 соответственно. Примерно через 50–60 минут, когда растворитель дошёл до 1 см от края пластины, пластину вынимали, карандашом очерчивали линию фронта и оставляли на 30 минут высухать. Определение веществ проводили, помещая пластину в облучатель хроматографический УФС – 254/365 и отмечая при этом квадратными скобками светящиеся пятна при облучении ультрафиолетом 254 нм и 365 нм. После чего пластины опрыскивали 10% серной кислотой и нагревали при +110°C в термостате до проявления ярко-жёлтой норстиктовой кислоты в контроле. Контроль – лишайники *Pleurosticta acetabulum* и *Evernia prunastri*. Идентификацию лишайниковых веществ проводили согласно значениям Rf-фактора и цвету пятна по методике [23].

#### Результаты и их обсуждение

Сравнивая между собой данные тонкослойной хроматографии и спектрофотометрии, зная по литературным данным [24; 25] химический состав изучаемых нами видов лишайников, можно узнать максимумы поглощения некоторых их вторичных метаболитов в 96% растворе спирта (табл. 1).



**Рисунок 1** – Спектральная характеристика экстрактов 96% этиловым спиртом из лишайника *Evernia prunastri* при произрастании в Красносамарском лесном массиве (А) и в Бузулукском боре (Б)

**Таблица 1** – Максимумы поглощения некоторых вторичных метаболитов лишайников в 96% растворе спирта

Название вещества	Максимум поглощения, нм
Атранорин	310
Диварикатовая кислота	211
Консалациновая кислота	232
Оливеторовая кислота	208
Протоцетраровая кислота	209
Салациновая кислота	205
Усниновая кислота	267
Физодовая + 3-гидрокси-физодовая кислоты	257
Фумарпротоцетраровая кислота	202
Эверновая кислота	209

В табл. 2 приведены данные по содержанию вторичных метаболитов в изучаемых нами лишайниках. К сожалению, у нас не было лишайниковых кислот (кроме усниновой) в чистом виде. В связи с этим не представилось возможным рассчитать процентное содержание данных веществ в талломах лишайников, но, учитывая наличие связи оптической плотности с концентрацией и одинаковую используемую при работе массу лишайника, можно сравнить концентрации выявленных веществ при произрастании в разных экологических условиях.

Анализируя количественное содержание вторичных метаболитов лишайников из разных мест произрастания, отметим, что все исследуемые нами виды накапливают больше вторичных метаболитов при произрастании в Красносамарском лесном массиве

по сравнению с таковыми в Бузулукском боре в 1,12–5,47 раз (табл. 2). На наш взгляд, это связано с более экстремальными для лишайников условиями произрастания по сравнению с Бузулукским бором: высокая сухость воздуха, недостаток осадков, повышенные температуры летом, пониженные – зимой [19]. Так, по литературным данным [26] в Красносамарском лесном массиве годовая испаряемость самая высокая – 780 мм, реальное испарение – тоже (460 мм/год). То есть лишайники в степной зоне сталкиваются с такими неблагоприятными экологическими факторами, как сильный ветер и высокая солнечная инсоляция. Дело в том, что в литературе [27, с. 424] показано защитное действие многих, особенно окрашенных вторичных метаболитов лишайников на фотобионт.

**Таблица 2** – Сравнительная оценка содержания вторичных метаболитов лишайников при произрастании в разных местах обитаниях (по данным оптической плотности, разбавление в 50 раз)

Вид лишайника	Вторичный метаболит	Оптическая плотность, ед.			
		Муранский бор	Бузулукский бор	Красносамарский лесной массив	Большечерниговский район
<i>Evernia mesomorpha</i>	Усниновая кислота	Нет данных	0,890	1,331	Нет данных
	Дивариковая кислота		1,637	2,196	
	Всего:		2,527	3,527	
<i>Evernia prunastri</i>	Эверновая кислота	Нет данных	1,306	1,559	Нет данных
	Усниновая кислота		0,743	0,831	
	Атранорин		0,375	0,412	
	Всего:		2,424	2,802	
<i>Parmelia sulcata</i>	Консалациновая	Нет данных	0,672	1,103	Нет данных
	Атранорин		0,154	0,175	
	Салациновая кислота		0,939	1,306	
	Всего:		1,765	2,409	
<i>Hypogymnia physodes</i>	Протоцетраровая	Нет данных	1,760	2,166	Нет данных
	Атранорин		0,287	0,336	
	Физодовая + конфизодовая + 3-гидроксифизодовая		0,781	0,865	
	Всего:		2,828	3,367	
<i>Pseudevernia furfuracea</i>	Физодовая + гидроксифизодовая + 2,4-ди-окси-метилфизодовая	Нет данных	0,427	Нет данных	Нет данных
	Оливеторовая		1,033		
	Атранорин		0,132		
	Всего:		1,592		
<i>Xanthoparmelia camtschadalis</i>	Салациновая	Нет данных	Нет данных	Нет данных	1,203
	Консалациновая				1,075
	Усниновая				0,574
	Всего:				2,852
<i>Cladonia arbuscula</i>	Усниновая кислота	0,099	0,061	0,291	Нет данных
	Фумарпротоцетраровая кислота	0,219	0,075	0,453	
	Всего:	0,318	0,136	0,744	
<i>Cladonia fimbriata</i>	Фумарпротоцетраровая кислота	0,369	0,403	0,451	Нет данных
<i>Cladonia furcata</i>	Фумарпротоцетраровая кислота	0,526	0,300	Нет данных	Нет данных
	Атранорин	0,081	0,032		
	Всего:	0,607	0,332		
<i>Cladonia rangiferina</i>	Атранорин	0,038	0,051	Нет данных	Нет данных
	Фумарпротоцетраровая кислота	0,283	0,367		
	Всего:	0,321	0,418		

С другой стороны, для омнибореального вида *Cladonia rangiferina* с отсутствующим коровым слоем наиболее благоприятные условия складываются в Муранском боре, при испаряемости 700 мм в год, а наибольшее количество лишайниковых метаболитов накапливается в Бузулукском боре (разница в оптической плотности составляет 0,097 единиц). Покрытая же коровым слоем *Cladonia furcata* выдерживает более сухой климат, именно поэтому количество вторичных метаболитов у неё выше в самых влажных условиях – в Муранском боре при минимальной испаряемости и максимальном количестве осадков (разница в оптической плотности составляет 0,275 единиц). В Красносамарском лесном массиве в целом складываются самые неблагоприятные по влажности условия для пойкилогидрических лишайников, влажность которых определяется влажностью окружающей среды, поэтому именно здесь, скорее всего, максимальное количество суммы лишайниковых веществ для видов *Cladonia arbuscula* и *C. fimbriata*. Лишайники, в отличие от сосудистых растений например, не имеют корней, поэтому для них имеет значение влажность поверхности почвы, а не влажность в корнеобитаемом слое и уже тем более грунтовые воды. В связи с этим для лишайников более значимы не атмосферные осадки, а именно показатель годовой испаряемости, то есть того объёма влаги, который может испариться с определённой площади, в частности с поверхности лишайника. Вот почему наличие или отсутствие корового слоя играет существенную роль. Тем более это касается эпифитных видов, не связанных с почвой.

С точки зрения медицины и сельского хозяйства как сырьё для лекарственных препаратов, а также для препаратов с фунгицидной и инсектицидной активностью целесообразнее собирать материал именно в Красносамарском лесном массиве и других районах в степной зоне с похожими контрастными экологическими факторами, где суммарное количество действующего вещества больше.

Сравнивая между собой количественное содержание вторичных метаболитов разных видов лишайников, отметим, что их суммарное содержание (табл. 2) убывает в ряду: *Evernia mesomorpha* > *Hypogymnia physodes* > *Evernia prunastri* > *Xanthoparmelia camtschadalis* > *Parmelia sulcata* > *Pseudevernia furfuracea* > *Cladonia arbuscula* > *Cladonia furcata* > *Cladonia fimbriata* > *Cladonia rangiferina*. В целом изученные нами представители рода *Cladonia* накапливают меньше вторичных метаболитов в 2 раза и более, чем представители семейства Parmeliaceae, хотя запасы первых в природных сообществах превышают таковые, так как эпигейные виды из рода *Cladonia* являются доминантами в тундровом биогеоценозе. Однако в горных территориях (на примере Кавказских гор [28, с. 36]) их фитомасса становится сопоставимой – в среднем 6–8 кг/га.

Отметим, что для дальнейшего изучения биологического действия вторичных метаболитов наибольший интерес представляют *Evernia mesomorpha*, *Evernia prunastri* и *Hypogymnia physodes*, где концентрация веществ на единицу массы сырья больше.

#### Выводы

Таким образом, больше вторичных метаболитов накапливается у лишайников семейства Parmeliaceae, при преобладании у *Evernia mesomorpha*, *Evernia prunastri* и *Hypogymnia physodes*, а также при произрастании в условиях Красносамарского лесного массива.

#### Список литературы:

1. Подтероб А.П. Химический состав лишайников и их медицинское применение // Химико-фармацевтический журнал. 2008. Т. 42, № 10. С. 32–38.
2. Макаренко Е.Э., Шаповалова О.В., Стрилец О.П. Лишайники как источник биологически активных веществ // Сучасні досягнення фармацевтичної технології і біотехнології: зб. наук. пр. Вып. 2. Харьков: Изд-во НФаУ, 2017. С. 135–137.
3. Лыскова Н.С., Базарнова Ю.Г., Кручина-Богданов И.В. Изучение состава и свойств вторичных метаболитов лишайника *Usnea barbata* // Химия растительного сырья. 2018. № 1. С. 121–127.
4. Шербакова А.И., Коптина А.В., Канарский А.В. Биологически активные вещества лишайников // Лесной журнал. 2013. № 3. С. 7–16.
5. Manojlovic N.T., Vasiljevic P.J., Maskovic P.Z., Jusko M., Bogdanovic-Dusanovic G. Chemical composition, antioxidant, and antimicrobial activities of lichen *Umbilicaria cylindrica* (L.) Delise (Umbilicariaceae) // Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine. 2012. Vol. 2012. P. 1–8. DOI: 10.1155/2012/452431.
6. Филенко Ю.А., Ласточкин Д.М. Повышение эффективности использования малопродуктивных естественных биогеоценозов за счет получения ценных биогенных продуктов на основе экстракции, в том числе вторичных метаболитов растений и лишайников за счет механизации технологического процесса // Научный журнал КубГАУ. 2013. № 89 (05). С. 1185–1194.
7. Слепцов И.В., Прокопьев И.А., Журавская А.Н. Первичные и вторичные метаболиты *Lasallia pensylvanica* // Химия растительного сырья. 2019. № 4. С. 149–156.
8. Ranković B., Mišić M. The antimicrobial activity of the lichen substances of the lichens *Cladonia furcata*, *Ochrolechia androgyna*, *Parmelia caperata* and *Parmelia conspersa* // Biotechnology & Biotechnological Equipment. 2008. Vol. 22 (4). P. 1013–1016.
9. Molnár K., Farkas E. Current results on biological activities of lichen secondary metabolites: a review // Zeitschrift für Naturforschung C. 2010. Vol. 65. P. 157–173. DOI: 10.1515/znc-2010-3-401.
10. Лузина О.А., Салахутдинов Н.Ф. Биологическая активность усниновой кислоты. Ч. 1. Активности в отношении одноклеточных организмов // Биоорганическая химия. 2016. Т. 42, № 2. С. 129–149.
11. Gunasekaran S., Rajan V.P., Ramanathan S., Murugaiyah V., Samsudin M.W., Din L.B. Antibacterial and antioxidant activity of lichens *Usnea rubrotincta*, *Ramalina dumeticola*, *Cladonia verticillata* and their chemical constituents // Malaysian Journal of Analytical Sciences. 2016. Vol. 20, № 1. P. 1–13.
12. Храменкова О.М. Лишайники *Hypogymnia physodes*, *Evernia prunastri*, *Cladonia arbuscula* и *Xanthoria parietina* как источники веществ с антибактериальной активностью // Бюллетень Брянского отделения РБО. 2017. № 1 (9). С. 50–58.
13. Abuiraq L., Kanan G., Wedyan M., El-Oqlah A. Efficacy of extracts of some lichens for potential antibacterial activity // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2015. RJPBCS 6 (1). P. 318–331.
14. Храменкова О.М., Новиков Р.И. Содержание усниновой кислоты в различных частях талломов *Evernia prunastri* (L.) Ach., *Ramalina pollinaria* (Westr.) Ach. и *Cladonia arbuscula* (Wallr.) Flot. // Бюллетень Брянского отделения РБО. 2018. № 3 (15). С. 49–53.
15. Слонов Т.Л., Слонов Л.Х. Лишайниковые кислоты и фитомасса избранных видов лишайников // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. 2010. № 5. С. 79–82.

16. Прокопьев И.А., Порядина Л.Н., Филиппова Г.В., Шенин А.А. Содержание вторичных метаболитов в лишайниках сосновых лесов Центральной Якутии // Химия растительного сырья. 2016. № 3. С. 73–78.
17. Толпышева Т.Ю. Микотоксины, усниновая кислота и их распределение в лишайниках родов *Cetraria*, *Flavocetraria*, *Cladonia* // Вестник Московского университета. Серия 16. Биология. 2014. № 3. С. 37–41.
18. Vondrakova O.S. Rare species of lichens of National park «Buzuluksky pine forest» (the Orenburg Region, Russian Federation) // Ecology and diversity of forest ecosystems in the Asiatic part of Russia 2010: proceedings of international conference. Kostelec nad Cernymi lesy, 2010. P. 207–214.
19. Матвеев Н.М., Терентьев В.Г., Филиппова К.Н., Демина О.Е. Изучение лесных экосистем степного Поволжья. Куйбышев: КГУ, 1990. 47 с.
20. Захаров А.С., Горелов М.С. «Зелёная книга» Поволжья: Охраняемые природные территории Самарской области. Самара: Кн. изд-во, 1995. 352 с.
21. Особо охраняемые природные территории регионального значения Самарской области: материалы государственного кадастра, издание второе / сост. А.С. Паженков. Самара: Лаборатория Экотон, 2018. 377 с.
22. Государственная фармакопея Российской Федерации XIII издания. М.: Научный центр экспертизы средств медицинского применения, 2015. 1469 с.
23. Orange A., James P.W., White F.J. Microchemical methods for the identification lichens. London: British Lichen Society, 2010. 104 p.
24. Nordic Lichen Flora. Vol. 4. Parmeliaceae / ed. by A. Thell, R. Moberg. Uppsala: Nordic Lichen Society, 2011. 184 p.
25. Nordic Lichen Flora. Vol. 5. Cladoniaceae / ed. by T. Ahti, S. Stenroos, R. Moberg. Uppsala: Nordic Lichen Society, 2013. 117 p.
26. Экология ландшафтов Волжского бассейна в системе глобальных изменений климата (прогнозный Атлас-монография) / Э.Г. Коломыйц, Г.С. Розенберг, В.И. Колкутин [и др.]. Нижний Новгород: Интер-Волга, 1995. 163 с.
27. Голубкова Н.С., Трасс Х.Х. Лишайники // Жизнь растений. Т. 3. М.: Просвещение, 1977. С. 379–470.
28. Байрамова А.А. Проблемы изучения природных ресурсов лекарственных лишайников // Пермский аграрный вестник. 2014. № 3 (7). С. 33–38.

Информация об авторе(-ах):	Information about the author(-s):
<p><b>Корчиков Евгений Сергеевич</b>, кандидат биологических наук, доцент кафедры экологии, ботаники и охраны природы; Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва (г. Самара, Российская Федерация). E-mail: evkor@inbox.ru.</p> <p><b>Зеленская Екатерина Андреевна</b>, аспирант кафедры экологии, ботаники и охраны природы; Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва (г. Самара, Российская Федерация). E-mail: ka5zelenskaya@gmail.com.</p> <p><b>Халикова Лилия Валерьевна</b>, аспирант кафедры экологии, ботаники и охраны природы; Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва (г. Самара, Российская Федерация). E-mail: halikova.lilya@yandex.ru.</p> <p><b>Турченко Полина Сергеевна</b>, студент биологического факультета; Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва (г. Самара, Российская Федерация). E-mail: polina.turchenko@bk.ru.</p>	<p><b>Korchikov Evgeniy Sergeevich</b>, candidate of biological sciences, associate professor of Ecology, Botany and Nature Protection Department; Samara National Research University (Samara, Russian Federation). E-mail: evkor@inbox.ru.</p> <p><b>Zelenskaya Ekaterina Andreevna</b>, postgraduate student of Ecology, Botany and Nature Protection Department; Samara National Research University (Samara, Russian Federation). E-mail: ka5zelenskaya@gmail.com.</p> <p><b>Khalikova Lilia Valerievna</b>, postgraduate student of Ecology, Botany and Nature Protection Department; Samara National Research University (Samara, Russian Federation). E-mail: halikova.lilya@yandex.ru.</p> <p><b>Turchenko Polina Sergeevna</b>, student of Biological Faculty; Samara National Research University (Samara, Russian Federation). E-mail: polina.turchenko@bk.ru.</p>

**Для цитирования:**

Корчиков Е.С., Зеленская Е.А., Халикова Л.В., Турченко П.С. Влияние экологических условий на накопление вторичных метаболитов лишайников рода *Cladonia* и семейства Parmeliaceae // Самарский научный вестник. 2021. Т. 10, № 3. С. 58–63. DOI: 10.17816/snv2021103108.