

Лишайники древесных субстратов в местах проявления сольфатарной активности на Южных Курильских островах

© 2019 А. К. Ежкин

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, Южно-Сахалинск, Россия
E-mail: ezhkin@yandex.ru

Приводятся результаты исследования видового разнообразия и особенностей распространения лишайников, обитающих на древесных субстратах в местах проявления сольфатарной активности на Южных Курильских островах. Всего было выявлено 45 видов лишайников на всех древесных субстратах. Характерными видами с высокой частотой встречаемости для данных местообитаний являются *Bryoria capillaris*, *Caloplaca lucifuga*, *Hypocenomyce friesii*, *Cladonia macilenta* и *Parmeliopsis hyperopta*.

Ключевые слова: толерантные виды, вулканическое загрязнение, Южные Курильские острова.

Lichens of wood substrates in areas of solfataric activity on Southern Kuriles

Aleksander K. Ezhkin

Institute of Marine Geology and Geophysics, FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia
E-mail: ezhkin@yandex.ru

The paper contains the results of studying species diversity of lichens inhabiting wood substrates in areas of solfataric activity on Kuril Islands and particularities of its distribution. Totally 45 lichen species were revealed on all kinds of wood substrate. Specific species of the habitats are *Bryoria capillaris*, *Caloplaca lucifuga*, *Hypocenomyce friesii*, *Cladonia macilenta* and *Parmeliopsis hyperopta*.

Keywords: tolerant species, volcanic pollution, Far East of Russia, Southern Kuriles.

Введение

Сольфатарная деятельность активных вулканов оказывает довольно мощное воздействие на окружающую среду: изменяет окружающие ландшафты, химический состав почв и приземных слоев атмосферы, состав растительности [Манько, Сидельников, 1989; Жарков, Побережная, 2008]. Основными загрязняющими веществами таких местообитаний являются серосодержащие газы и тяжелые металлы [Fahselt, 1995; Shimizu, 2004]. Они губительно действуют на многие виды лишайников, в особенности на эпифиты, наименее устойчивые к поллютантам [Daly, 1970; Gilbert, 1970; Westman, 1975; Горшков, 1990]. Однако стрессогенный характер та-

ких местообитаний создает благоприятные условия для поселения здесь специфичных видов, устойчивых к фумарольным газам и, соответственно, характерных для данных условий. Специальные работы, посвященные лишайникам с указанием на виды, обитающие в районах термальных проявлений на Дальнем Востоке России, были выполнены на Камчатке [Трасс, 1963; Кузнецова, Гимельбрант, 2006], также были проведены экологические исследования лишайниковых сообществ на о. Кунашир в районе влк. Менделеева [Ежкин, Кордюков, 2016]. Однако термальные местообитания Южных Курильских островов до сих пор мало изучены в отношении лишайников.

Цель настоящего исследования – изучить видовой состав и особенности распространения лишайников, обитающих на древесных субстратах в районах сольфатарной активности ряда действующих вулканов на островах Кунашир и Итуруп.

Район исследований

Острова Кунашир и Итуруп – два крупных и самых южных острова Большой Курильской гряды. Основным рельефообразующим фактором на Курильских островах является четвертичный вулканизм и абразионная деятельность моря [Атлас... , 1994]. Из всех островов Сахалино-Курильского региона Южные Курилы являются районом с наиболее теплым климатом [Земцова, 1968]. Минимум отрицательных температур (до $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$) здесь приходится на февраль. Климат типично морской, характерный для умеренных широт, с незначительным влиянием муссонов, обилием атмосферных осадков (до 1100–1400 мм/год), высокой влажностью (средняя относительная влажность воздуха 80 %), мягкой зимой и прохладным летом, муссонным режимом ветров. Средняя годовая температура составляет $4\text{--}5\text{ }^{\circ}\text{C}$ [Южные... , 1992]. На климатические условия Южных Курильских островов активно воздействует система морских течений – теплое течение Соя с западной стороны Охотского моря и холодное течение Оясио с восточной стороны Тихого океана [Власова, Полякова, 2004]. На островах Итуруп и Кунашир находится ряд действующих вулканов с сольфатарными полями и горячими источниками. Исследования были проведены в окрестностях трех вулканов – Менделеева, Головнина и Баранского (рис. 1). Были исследованы два сольфатарных поля влк. Менделеева – северо-западное и северо-восточное; Голубые озера в окрестностях влк. Баранского и два его сольфатарных поля – старозаводское и верхнее; озера Горячее и Кипящее в окрестностях влк. Головнина (рис. 2). В составе сольфатарных газов вулканов преобладают CO_2 , участвуют HCl , SO_2 , H_2S , CO , H_2 ,

CH_4 , O_2 , N_2 и редкие газы [Мархинин, Стратула, 1977; Современные... , 1980]. Помимо этого присутствуют тяжелые металлы: Hg, As, Zn, Cu, Pb [Чердынцев, 1973; Лебедев, Никитина, 1977; Лебедев и др., 1977].

Древесная растительность на исследуемых сольфатарных полях и в окрестностях термальных выходов представлена в основном кедровым стлаником *Pinus pumila* (Pall.) Regel, он селится вдоль оврагов и по краю полей, образуя микрозону, в которой единичными экземплярами встречается ель Глена *Picea glehnii* (F. Schmidt) Mast. (влк. Менделеева) и довольно часто рябина смешанная *Sorbus commixta* Hedl. Вокруг микрозоны кедрового стланика в исследуемых районах встречаются участки темнохвойного леса с елью Глена, елью аянской *Picea ajanensis* Fisch. & Carr. и пихтой сахалинской *Abies sachalinensis* (F. Schmidt) Mast., разреженные каменноберезняки с *Betula ermanii* Cham., а также небольшие дубовые рощи с *Quercus crispula* Blume. Из других древесных пород встречаются ольха волосистая *Alnus hirsuta* (Spach) Rupr., ива козья *Salix caprea* L., очень редко клен Майра *Acer mayrii* Schwer. Средний возраст деревьев варьирует от 50 до 150 лет, встречаются отдельные хвойные деревья возрастом более 200 лет.

Стоит отметить, что растительность некоторых местообитаний довольно сильно нарушена в связи с современной разработкой геотермальных месторождений и добычей серы в первой половине XX в.



Рис. 1. Карта района проведения работ.



Рис. 2. Места сборов лишайников: А – северо-восточное, Б – северо-западное сольфатарное поле влк. Менделеева, В – старозаводское сольфатарное поле влк. Баранского, Г – оз. Горячее влк. Головнина.

Материалы и методы

Полевые исследования были проведены в летние месяцы 2013–2016 гг. маршрутным методом. Исследованы все древесные субстраты, включая валеж, сухостой и живые деревья на самих сольфатарных полях и по их границам. Обработка и определение материалов выполнены в лаборатории береговых геосистем Института морской геологии и геофизики ДВО РАН. Идентификация лишайников проведена по традиционным лишенологическим методикам [Определитель лишайников... , 1974; Флора лишайников... , 2014]. Метод высокоточной тонкослойной хроматографии был применен с целью выявления лишайниковых веществ для некоторых стерильных образцов [Schumm, Elix, 2015]. Названия таксонов даны согласно базе данных Index Fungorum, CABI Bioscience Databases (<http://www.indexfungorum.org>), вместе с указанием субстрата и частотой встречаемости по 4-балльной шкале: редко – 1–3 находки; спорадически – 4–10 находок; часто – более 10 находок; очень часто – более 50. Жизненная форма указана согласно биоморфологической классификации лишайников, разработанной Н.С. Голубковой [1983].

Результаты

По результатам исследований лишайников, обитающих на древесных субстратах в местах проявления сольфатарной активности трех вулканов южных курильских островов Итуруп и Кунашир, было найдено 45 видов лишайников, относящихся к 7 порядкам, 17 семействам и 29 родам. Данные виды относятся к 2 группам по отношению к субстрату – эпиксильным и эпифитным (по числу видов доминируют эпифиты – 78 %) и к 8 жизненным формам (доминируют две формы: листоватая рассеченнолопастная ризоидальная – 33 % и накипная плотнокорковая – 28 %). Доминирующие по числу видов роды – *Cladonia* P. Browne (6 видов; 13 %), *Parmelia* Ach. и *Ochrolechia* A. Massal. (по 3 вида; 7 %); семейства – *Parmeliaceae* Zenker (15 видов; 33 %) и *Cladoniaceae* Zenker (6 видов; 13 %); порядки – *Lecanorales* Nannf. (25 видов; 55 %) и *Teloschistales* D. Hawksw. & O.E. Erikss. (7 видов; 15 %). Наиболее часто встречаемые на древесных субстратах лишайники – *Caloplaca lucifuga* G. Thor, *Hypocenomyce friesii* (Ach.) P. James & Gotth. Schneid., *Cladonia macilenta* Hoffm., *Parmeliopsis hyperopta* Ach. и *Bryoria*

capillaris (Ach.) Brodo & D. Hawksw., которые встречаются практически на всех древесных субстратах в пределах исследованных сольфатарных полей и термальных выходов, а также по их границам. *Caloplaca lucifuga*, *Hypocenomyce friesii* и *Cladonia macilenta* являются наиболее агрессивными видами, которые поселяются почти на всех древесных субстратах и ближе всех других лишайников подбираются к активным сольфатарам. Отмечено высокое проективное покрытие лишайника *Caloplaca lucifuga*, доминирующего на стволах деревьев, особенно старых, в местах наиболее сильного вулканического загрязнения (рис. 3).

Обсуждение

В других районах Сахалинской области в обычных условиях указанные виды встречаются нечасто (по личным наблюдениям автора). *Hypocenomyce friesii* (рис. 4) может быть встречен на обгорелых пнях на старых гарях, *Cladonia macilenta* – на обнаженной древесине в хвойных лесах. *Caloplaca lucifuga* является редким видом и встречается в Европе на старых лиственных деревьях в естественных условиях [Svoboda et al., 2010], для Дальнего Востока России этот вид ранее не отмечался. Среди редких видов был найден охраняемый *Icmadophila japonica* (Zahlbr.) Rambold & Hertel на старом гниющем пне на границе северо-западного поля сольфатарного влк. Менделеева.

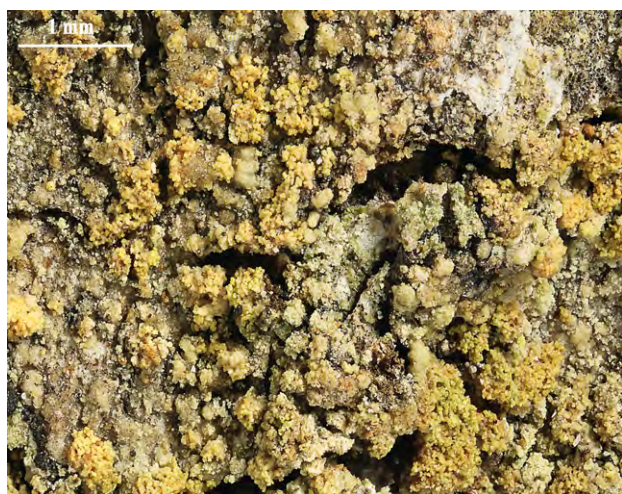


Рис. 3. *Caloplaca lucifuga* на коре ели Глена, район влк. Менделеева. Фото Ф. Шума (F. Schumm)

Данное явление, когда виды, являющиеся редкими в естественных ценозах, поселяются в агрессивных условиях атмосферного загрязнения и иногда на несвойственных им субстратах, характерно для урбанизированных территорий [Gilbert, 1990]. Стоит отметить, что типичные виды лишайников, характерные для лесных фитоценозов Южных Курильских островов, здесь практически отсутствуют, кроме небольшого числа видов. Так, типичный лесной вид, характерный для данной местности, *Bryoria capillaris*, – один из немногих лишайников, частота встречаемости которого на хвойных породах деревьев с приближением к местам вулканического загрязнения практически не изменяется, что говорит о его умеренной толерантности к данному типу воздействия [Ежкин, Кордюков, 2016]. Высокое покрытие и частота встречаемости толерантных видов на стволах деревьев вблизи активных сольфатар объясняются не только устойчивостью к двуокиси серы, но и отсутствием конкурентов, которые не выдерживают столь высокие концентрации загрязнителей. Это позволяет говорить об индикаторных свойствах данных видов для таких специфических местообитаний.

В таблице представлен список обнаруженных в исследуемых районах лишайников с указанием жизненной формы и частоты встречаемости на всех отмеченных древесных субстратах.



Рис. 4. *Hypocenomyce friesii*

Список лишайников исследуемых районов с указанием жизненной формы и частоты встречаемости на различных субстратах

Вид	Субстрат											ЖФ		
	Рябина	Ива	Ель Глена	Кедровый стланик	Дуб	Пихта	Ель аянская	Береза	Клен	Мертвая древесина				
<i>Alectoria lata</i> (Taylor) Linds.	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	КПР
<i>Bryoria capillaris</i> (Ach.) Brodo & D. Hawksw.	+++	-	++++	+++	-	+++	+++	+++	-	-	-	-	-	КПР
<i>Bryoria furellata</i> (Fr.) Brodo & D. Hawksw.	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	КПР
<i>Buellia disciformis</i> (Fr.) Mudd	+	+	-	-	+	-	-	+	++	-	-	-	-	НП
<i>Calicium lenticulare</i> Ach.	-	-	++	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	НП
<i>Caloplaca cerina</i> (Hedw.) Th. Fr.	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	НП
<i>Caloplaca gordejewii</i> (Tomin) Oxner	-	+	-	-	++	-	-	-	-	-	-	-	-	НП
<i>Caloplaca lucifuga</i> G. Thor	++	-	++++	++	-	-	-	-	-	-	-	-	-	НЛ
<i>Cladonia coniocraea</i> (Flörke) Spreng.	++	-	++	-	-	++	-	-	-	-	-	-	++	КП
<i>C. furcata</i> (Huds.) Schrad.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	КП
<i>C. gracilis</i> (L.) Willd.	++	-	++	-	-	++	-	-	-	-	-	-	-	КП
<i>C. granulans</i> Vain.	-	-	++	+++	-	-	-	-	-	-	-	-	-	КП
<i>C. macilenta</i> Hoffm.	++	-	++++	+++	-	-	+	-	-	-	-	-	-	КП
<i>C. squamosa</i> Hoffm.	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	КП
<i>Graphis scripta</i> (L.) Ach.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	НП
<i>Hypocenomyce friesii</i> (Ach.) P. James & Gotth. Schneid.	+++	-	+++	+++	+	+++	+++	+++	-	-	-	-	-	НОЧ
<i>Hypogymnia pseudophysodes</i> (Asahina) Rass.	++	-	++	++	-	++	++	++	++	-	-	-	-	ЛВН
<i>Hypogymnia sachalinensis</i> Tchanan. & McCune	+++	+++	+++	+++	+	+++	+++	+++	-	-	-	-	-	ЛВН
<i>Imadophila japonica</i> (Zahlbr.) Rambold & Hertel	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	НЛ
<i>Imshaugia aleurites</i> (Ach.) S.L.F. Mey.	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	ЛРР
<i>Lecanora symmetrica</i> (Ach.) Ach.	++	+++	-	+	+++	-	-	-	+++	-	-	-	-	НП
<i>Lecidea</i> sp.	-	++	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	НП
<i>Lepraria incana</i> (L.) Ach.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	НЛ
<i>Lopadium disciforme</i> (Flot.) Kullh.	+	+	-	-	-	++	-	-	-	-	-	-	-	НП

<i>Melanohalea olivacea</i> (L.) O. Blanco et al.	+++	+	+	++	++	++	++	++	++	++	+	-	-	ЛРР
<i>Mycoblastus sanguinarioides</i> Kantvilas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	НП
<i>Myelochroa subaurulenta</i> (Nyl.) Elix & Hale	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	ЛРР
<i>Ochrolechia arborea</i> (Kreyer) Almb.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	НРР
<i>Ochrolechia parella</i> (L.) A. Massal.	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	НЛ
<i>Ochrolechia</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	НП
<i>Parmelia fertilis</i> Müll. Arg.	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	ЛРР
<i>P. saxatilis</i> (L.) Ach.	+++	-	-	-	+++	++	++	++	++	++	++	-	-	ЛРР
<i>P. squarrosa</i> Hale	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	ЛРР
<i>Parmeliopsis hyperopta</i> (Ach.) Vain.	++	-	-	-	+	++	++	++	++	++	++	+	-	ЛРР
<i>Physcia stellaris</i> (L.) Nyl.	-	+++	+++	+++	-	-	-	-	-	-	-	-	-	ЛРР
<i>Platismatia interrupta</i> W.L. Culb. & C.F. Culb.	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	ЛРР
<i>Ramalina roesleri</i> (Hochst. ex Schaer.) Nyl.	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	ЛРР
<i>Rinodina</i> sp.	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	КПР
<i>Scorticiosporum umbrinum</i> (Ach.) Arnold	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	НП
<i>Sphinctrina turbinata</i> (Pers.) De Not. *	-	-	-	++	-	-	-	-	-	+	-	-	-	НП
<i>Tuckermannopsis americana</i> (Sprengel) Hale	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	НП
<i>Vulpicida juniperinus</i> (L.) J.-E. Mattsson & M.J. Lai	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	ЛРР
<i>Vulpicida pinastri</i> (Scop.) J.-E. Mattsson & M. J. Lai	-	-	-	-	++	-	-	-	-	-	-	-	-	ЛРР

Примечание. Частота встречаемости: «+» редко, «++» спорадически, «+++» часто, «++++» очень часто, «->» вид отсутствует. ЖФ – живицная форма, КПР – кустистый повисающий радиальнолопастный, КП – кустистый прямостоящий, НП – накипной прямостоящий, НЛ – накипной плеткокорковый, НЛ – накипной лепрозный, НЗБ – накипной зернисто-бородчатый, НОЧ – накипной однообразно-чешуйчатый, ЛРР – листоватый рассеченнолопастной ризоидальный, ЛВН – листоватый вздулолопастной неризоидальный.

Выводы

По результатам исследований двух островов Курильского архипелага – Итуруп и Кунашир – в местах проявления сольфатарной активности было выявлено видовое разнообразие лишайников, обитающих на древесных субстратах. Обнаружено 45 видов лишайников, многие из которых являются представителями типичных лесных экотопов, характерных для данной территории. Однако часть видов, имеющих наибольшие показатели встречаемости и проективного покрытия на субстрате, зафиксированы только в местах вулканического загрязнения, что говорит об их приспособленности к обитанию в экстремальных условиях. К таким видам относятся *Caloplaca lucifuga* и *Hypocenomyce friesii*, а также вид *Cladonia macilenta*, у которого показатели встречаемости в данных местообитаниях значительно выше относительно нормальных фоновых экологических условий. Такие виды, как *Parmeliopsis hyperopta* и *Bryoria capillaris*, слабо изменяют свои показатели встречаемости относительно фоновых условий и являются обычными обитателями древесных субстратов в местах проявления сольфатарной активности.

Таким образом, для данных специфичных местообитаний выявлены устойчивые виды лишайников, характерные только для экстремальных условий данного типа, а также умеренно-устойчивые виды, типичные для исследуемого района, но которые также могут поселяться вблизи активных сольфатар. Представители группы устойчивых видов могут быть использованы в качестве индикаторов атмосферного загрязнения вулканической природы для данного района.

Автор благодарен доктору Феликсу Шуму (Германия) за предоставленные фотографии лишайника *Caloplaca lucifuga* и проведение высокоточной тонкослойной хроматографии некоторых образцов, а также к.б.н. А.В. Кордюкову за предоставление картографического материала.

Список литературы

1. Абдурахманов А.И., Разжигаева Н.Г., Рыбин А.В., Гурьянов В.Б., Жарков Р.В. Вулкан Менделеева – история и современное состояние (о. Кунашир,

Курильские острова) // *Взаимосвязь между тектоникой, сейсмичностью, магмообразованием и извержениями вулканов в вулканических дугах: Материалы IV Междунар. совещ. Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2004. С. 45–47.*

2. *Атлас Сахалинской области. Ч. 2. Курильские острова: топогр. карта м-ба 1:200 000.* Южно-Сахалинск: СР ВКФ, 1994. 49 с.

3. Власова Г.А., Полякова А.М. *Активная энергетическая зона океана и атмосферы северо-западной части Тихого океана.* Владивосток: Дальнаука, 2004. 143 с.

4. Голубкова Н.С. *Анализ флоры лишайников Монголии.* Л.: Наука, 1983. 248 с.

5. Горшков В.В. Влияние атмосферного загрязнения окислами серы на эпифитный лишайниковый покров северотаежных лесов // *Лесные экосистемы и атмосферное загрязнение.* Л.: Наука, 1990. С. 144–159.

6. Ежкин А.К., Кордюков А.В. Особенности изменения параметров эпифитного лишайникового покрова в окрестностях вулкана Менделеева (о. Кунашир, Южные Курилы) // *Бюл. Ботанического сада-института ДВО РАН.* 2016. № 15. С. 23–25.

7. Жарков Р.В. Побережная Т.М. Влияние сольфатарно-гидротермальной деятельности вулканов на компоненты ландшафтов (влк. Менделеева, о-в Кунашир, Курильские острова) // *Вестник ДВО РАН.* 2008. № 1. С. 53–58.

8. Земцова А.И. *Климат Сахалина.* Л.: Гидрометеоиздат, 1968. 197 с.

9. Кузнецова Е.С., Гимельбрант Д.Е. Лишайники окрестностей термоминеральных источников верхнего течения рек Анавгай и Крерук (Быстринский природный парк, центральная Камчатка) // *Труды Камчатского филиала Тихоокеанского института географии ДВО РАН.* 2006. Вып. 6. С. 24–35.

10. Лебедев Л.М., Никитина И.Б. Особенности состава и металлоносность гидротерм аппаратов вулканов (на примере вулканов Менделеева и Головнина) // *Современные гидротермы и минералообразование.* М.: Наука, 1977. С. 5–25.

11. Лебедев Л.М., Никитина И.Б., Пляшкун И.А., Любомилова Г.В. Об изменении концентраций рудных компонентов в кислых сульфатно-хлоридных гидротермах вулкана Менделеева во времени // *Современные гидротермы и минералообразование.* М.: Наука, 1977. С. 33–38.

12. Манько Ю.И., Сидельников А.Н. *Влияние вулканизма на растительность.* Владивосток: ДВО АН СССР, 1989. 161 с.

13. Мархинин Е.К., Стратула Д.С. *Гидротермы Курильских островов.* М.: Наука, 1977. 212 с.

14. *Определитель лишайников СССР.* Вып. 2. *Морфология, систематика и географическое распространение* / А.Н. Окснер. Л.: Наука, 1974. 284 с.

15. *Современные процессы минералообразования на вулкане Менделеева* / Л.М. Лебедев, А.В. Зотов, И.Б. Никитина, В.М. Дүничев, Л.П. Шурманов. М.: Наука, 1980. 176 с.

16. Трасс Х.Х. О растительности окрестностей горячих ключей и гейзеров долины реки Гейзерной полуострова Камчатки // *Исследование природы Дальнего Востока*. Таллин: АН ЭССР, 1963. С. 112–146.
17. Флора лишайников России: Биология, экология, разнообразие, распространение и методы изучения лишайников / М.П. Андреев, Т. Ахти, А.А. Войцехович, Л.В. Гагарина, Ю.В. Герасимова, Д.Е. Гимельбрант, Е.А. Давыдов, Л.А. Конорева, Е.С. Кузнецова, Т.В. Макрый и др. М.; СПб.: Тов-во науч. изд. КМК, 2014. 392 с.
18. Чердынцев В.В. *Ядерная вулканология*. М.: Наука, 1973. 208 с.
19. Южные Курильские острова (природно-экономический очерк). Южно-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, Сахалинский фонд культуры, 1992. 156 с.
20. Daly G.T. Bryophyte and lichen indicators of air pollution in Christchurch, New Zealand // *Proceedings of the New Zealand Ecological Society*. 1970. Vol. 17. P. 70–79.
21. Fahselt D. Growth form and reproductive character of lichens near active fumaroles in Japan // *Symbiosis*. 1995. Vol. 18, N 3. P. 211–231.
22. Gilbert O.L. A biological scale for the estimation of sulphur dioxide pollution // *New Phytologist*. 1970. Vol. 69, N 2. P. 629–634. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.1970.tb07614.x>
23. Gilbert O.L. The lichen flora of urban wasteland // *Lichenologist*. 1990. Vol. 9, N 1. P. 87–101. <https://doi.org/10.1017/s0024282990000056>
24. *Index Fungorum*. 2016. URL: <http://www.indexfungorum.org> (дата обращения: 4.06.2019).
25. Schumm F., Elix J.A. *Atlas of images of thin layer chromatograms of lichen substances*. Norderstedt: Books on Demand GmbH, 2015. 578 p.
26. Shimizu A. Community structure of lichens in the volcanic highlands of Mt. Tokachi, Hokkaido, Japan // *The Bryologist*. 2004. Vol. 107, N 2. P. 141–151. [https://doi.org/10.1639/0007-2745\(2004\)107\[0141:csolit\]2.0.co;2](https://doi.org/10.1639/0007-2745(2004)107[0141:csolit]2.0.co;2)
27. Svoboda D., Peksa O., Veselá J. Epiphytic lichen diversity in central European oak forests: assessment of the effects of natural environmental factors and human influences // *Environmental Pollution*. 2010. Vol. 158(3). P. 812–819. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2009.10.001>
28. Westman L. Air pollution and vegetation around a sulphite mill at Örnköldsvick, North Sweden (pollutants and plant communities on exposed rocks) // *Wahlenbergia*. 1975. Vol. 2. P. 1–146.

Сведения об авторе

ЕЖКИН Александр Константинович, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории экологии растений и геоэкологии – Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, Южно-Сахалинск.