

УДК 582.29(571.640); 504.73; 504.5

ЭПИФИТНЫЕ ЛИШАЙНИКИ ЛИСТВЕННЫХ ДЕРЕВЬЕВ г. ЮЖНО-САХАЛИНСК И ОСОБЕННОСТИ ИХ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПО СТЕПЕНИ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ К АНТРОПОГЕННОМУ ВОЗДЕЙСТВИЮ

А. К. Ежкин¹, И. А. Галанина²

¹*Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск*

E-mail: ezhkin@yandex.ru

²*Биолого-почвенный институт ДВО РАН, г. Владивосток*

E-mail: gairka@yandex.ru

Приводятся результаты исследований эпифитных лишайников в г. Южно-Сахалинск и его окрестностях. В ходе работы были исследованы эпифитные лишайники лиственных деревьев с трещиноватой корой и со значениями pH = 5,5–7,0 большинства зеленых насаждений города и его окрестностей, включая скверы, аллеи, территории некоторых школ, больниц, городской парк, наиболее доступные лесопарковые зоны. Всего на обследованных участках зарегистрировано 112 видов эпифитных лишайников на лиственных деревьях, 15 видов впервые приводятся для о. Сахалин. По результатам кластерного анализа 57 участков, где учитывался видовой состав и значения встречаемости лишайников, выделены 3 зоны, отражающие степень антропогенного воздействия на эпифитные лишайники. Четыре группы лишайников по степени чувствительности к антропогенному воздействию выделены на основе приуроченности к данным зонам. Для каждого участка выполнен анализ распределения видов по степени чувствительности.

Ключевые слова: лихеноиндикация, чувствительность лишайников, непрямая ординация, атмосферное загрязнение, Сахалин, Дальний Восток.

ВВЕДЕНИЕ

Изучение современного состояния и тенденций изменения естественных, а также искусственных природных ландшафтов, специально создаваемых для отдыха и оздоровления населения, – парков, аллей, городских скверов – в последнее время является актуальным. Особенно это касается групп растений, которые могут служить индикаторами качества окружающей среды. Одними из наиболее известных биологических индикаторов служат эпифитные лишайники, изучение состояния которых может быть использовано в мониторинге загрязнения окружающей среды и степени деградации экосистем (Малышева, 1998; Бязров, 2002; Скирина и др., 2010; Nash, Gries, 1991; Loppi, 1996).

Лишайники чувствительны к хозяйственной деятельности человека, включая атмосферное загрязнение. На лишайники губительно действуют вещества, прежде всего, увеличивающие кислотность среды, интенсифицирующие окислительные процессы, т. е. такие вещества, как SO₂, HF, HCl, оксиды азота, озон (Nash, 1973; Wetmore, 1988). Рубки и пожары также влекут за собой нарушение и уничтожение естественных местообитаний лишайников, восстановление которых требует большого количества времени.

Цель данной работы – наиболее полно выявить видовой состав эпифитных лишайников лиственных деревьев с трещиноватой корой в зеленых насаждениях города и в его окрестностях, выделить основные группы чувствительности лишайников к антропогенной нагрузке, а также выявить особенности их распределения по степени чувствительности на исследуемых участках.

Полученные данные могут быть использованы в качестве основы для создания картосхем экологической ситуации и мониторинговых программ для г. Южно-Сахалинск и его окрестностей.

РАЙОН ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводили в г. Южно-Сахалинск и в его окрестностях. Население города составляет около 180 тыс. чел. Сам город расположен в Сусунайской долине, окруженной двумя горными хребтами – Сусунайским с востока и Мицунским с запада. Высота отдельных гор достигает 1000 м. Район относится к Южно-Сахалинской климатической области, которая характеризуется влажным муссонным климатом, значительным выпадением осадков, теплыми южными ветрами летом и холодными северными и северо-западными ветрами зимой. Средняя температура 2–3°C со средней минимальной температурой в январе –13,5°C и средней максимальной темпе-

ратурой в августе $+17,2^{\circ}\text{C}$. Значительная облачность и частые туманы формируют прохладный и влажный характер климата (Земцова, 1968).

На протяжении более 20 лет в г. Южно-Сахалинск сохраняется очень высокий уровень атмосферного загрязнения. Крупных промышленных предприятий в городе нет, единственный мощный стационарный источник загрязнения – это сахалинская ТЭЦ-1. Электростанция была построена без учета метеопараметров, т. е. из-за расположения станции в северной части города в соответствии с розой ветров все выбросы от ТЭЦ-1 рассеиваются над городом. Несмотря на то что в 2013 г. ТЭЦ-1 была переведена с угля на газ, из-за ежегодного роста автотранспорта экологическая обстановка в областном центре по-прежнему неудовлетворительна. Суммарный вклад автотранспорта в загрязнение составляет 62%. Среднее годовые концентрации сажи, формальдегида, оксидов азота, взвешенных веществ и бензапирена превышают ПДК (Доклад..., 2014). До 1945 г. на месте современного г. Южно-Сахалинск находился промышленный центр японского г. Тохара, где на сравнительно небольшой территории были построены ряд заводов, часть из них была переоборудована в котельные, работающие на угле и мазуте, которые продолжают действовать по сей день. Частный сектор в центральной, северной и северо-западных частях города также занимает значительные площади, поэтому большое количество печей, работающих на угле, вносят довольно внушительный вклад в общее атмосферное загрязнение. В результате деятельности этих источников загрязнения в почвенном покрове на территории города сформировались обширные площадные аномалии тяжелых металлов – цинка, меди, свинца, кобальта и др., содержание которых в десятки раз превышает фоновые и предельно допустимые концентрации. Лидирующее положение повсеместно удерживает свинец, поступающий в окружающую среду преимущественно при сжигании этилированного бензина (Побережная, 2010). Особенности географического положения и климатические условия местности (город расположен в зоне пониженного рельефа в окружении горных хребтов) и частые инверсии препятствуют рассеиванию и выносу вредных веществ. В результате образуется плотный слой смога, который в течение долгого времени «висит» в нижних слоях атмосферы. Длительное и непрерывное загрязнение города, а также антропогенная трансформация естественных участков растительности в городских окрестностях создали здесь определенные черты лихенобиоты с характерным набором видов, в том числе устойчивых к атмосферному загрязнению.

Посадки в городе представлены в основном лиственными породами деревьев. Наиболее частыми являются тополь Максимовича (*Populus maximowiczii* Henry.), тополь черный (*Populus nigra* L.), тополь дрожащий (*Populus tremula* L.), береза плосколистная (*Betula platyphylla* Sukachev), рябина смешанная (*Sorbus commixta* Hedl.). В парковых и лесопарковых зонах встречается ильм лопастной (*Ulmus laciniata* Trantv.), ильм японский (*Ulmus japonica* (Rehd.) Sarg.), береза каменная (*Betula ermanii* Cham.), ясень маньчжурский (*Fraxinus mandshurica* Rupr.), клен Майра (*Acer mayri* Schwer.), орех Зибольда (*Juglans sieboldiana* Maxim.) и др. Вдоль рек обычны ива сахалинская (*Salix sachalinensis* Sekka), ива козья (*Salix caprea* L.) и ольха волосистая (*Alnus hirsuta* (Spach.) Tutcz. ex Rupr.). В окрестностях города на западных склонах Сусунайского хребта большие площади представлены посадками лиственницы Кемпфера (*Larix kaempferi* (Lamb.), небольшие участки заняты темнохвойными лесами из пихты сахалинской (*Abies sachalinensis* (F. Schmidt) Mast.), ели аянской (*Picea ajanensis* (Lindl. et Gord.) Fisch. ex Carr.), редкими посадками ели европейской (*Picea abies* (L.) H. Karst.), а также смешанными лесами из мелколиственных древесных пород. Большая часть посадок сделана во время японской оккупации южного Сахалина в 1905–1945 гг., значительная часть скверов и лесопарковых зон, включая городской парк им. Ю. А. Гагарина, были заложены как раз в этот период (История..., 1963).

Сведения о лихенобиоте Южно-Сахалинска и его окрестностей имеют фрагментарный характер, такое детальное изучение эпифитных лишайников данного района проводится впервые. Ранние исследования этого региона включали отдельные списки лишайников, где только упоминался г. Южно-Сахалинск (Чабаненко, 1999, 2002; Таран, 2002; Ежкин, Галанина, 2014; Sato, 1933, 1935, 1936).

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектом исследований нашей работы стали эпифитные лишайники скверов, парковых и лесопарковых зон в Южно-Сахалинске и его окрестностях. В ходе работы исследовано 57 участков во многих зеленых зонах города, включая скверы, аллеи, городской парк, старое городское кладбище, территории некоторых школ, больниц, а также наиболее доступные участки лесопарковой зоны с лиственными деревьями, где оценивались показатели встречаемости на участках (рис. 1).

Известно, что видовой состав эпифитных лишайников сильно зависит от особенностей коры дерева-хозяина (форофита), в большой степени – от буферной емкости и значений pH (Barkman, 1958; Bates, Brown, 1981; Farmer et al., 1992).

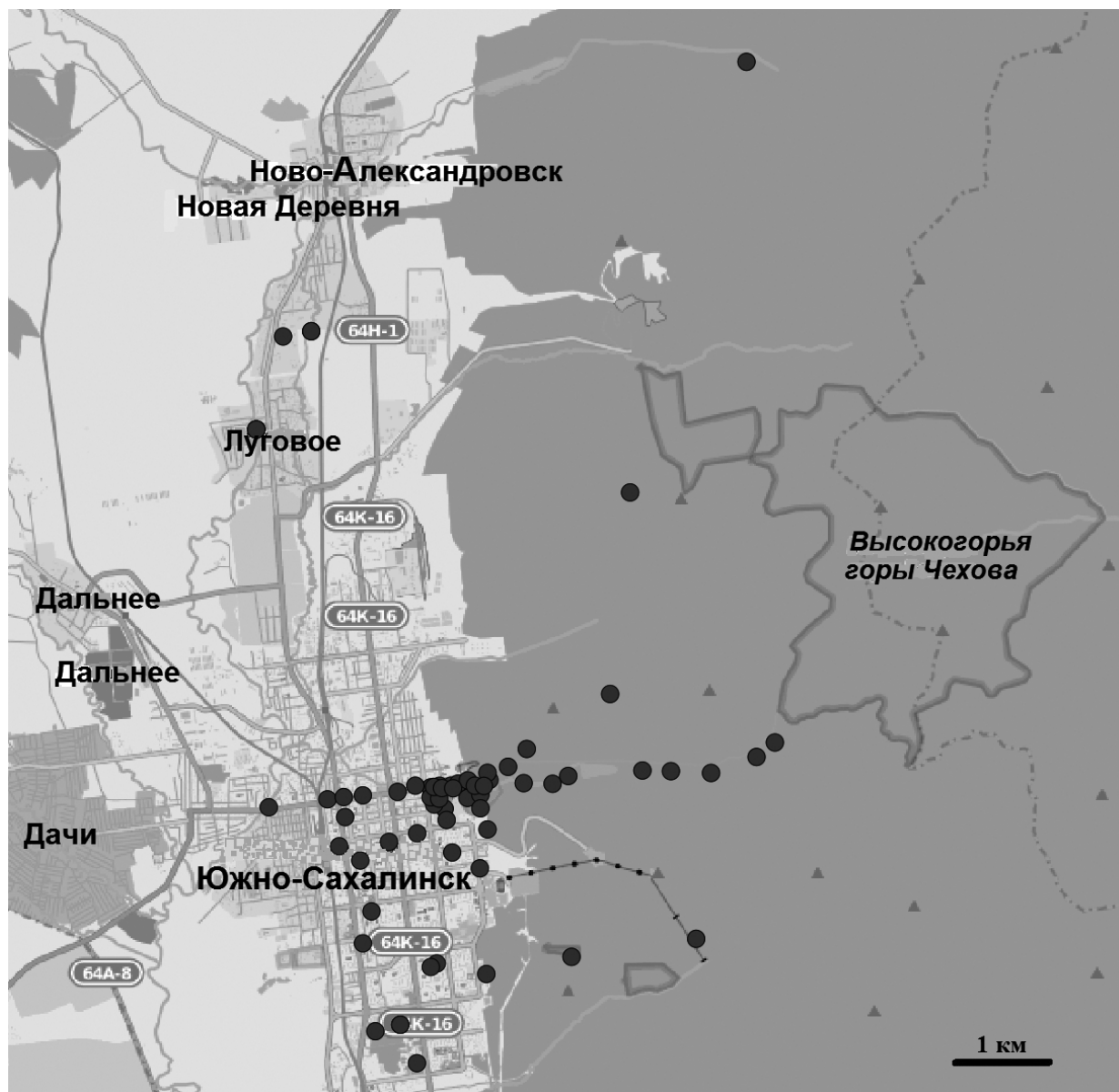


Рис. 1. Карта района исследований с отмеченными 57 участками в г. Южно-Сахалинск и его окрестностях
Fig. 1. Map of the study area with marked 57 sites in the city of Yuzhno-Sakhalinsk and its presincts

Поэтому, для того, чтобы сравнивать различные участки, лишайники учитывали только на лиственных деревьях со схожими химико-физическими свойствами коры и примерно одинаковым возрастом 60–80 лет. Данной методики с выбором модельных деревьев при сравнении показателей лишайникового покрова советуют придерживаться многие авторы лишеноиндикационных работ, в особенности это касается индексов, основанных на количестве видов (Le-Blanc, De Sloover, 1970; Lorpi, 1996).

В результате были выбраны виды лиственных деревьев с трещиноватой корой и значениями $pH = 5,5–7,0$. Лишайники, обитающие на деревьях с указанным диапазоном значений кислотности субстрата, традиционно называют нейтрофитами (Бязров, 2002; Barkman, 1958). В эту

группу были включены тополь черный, тополь дрожащий, тополь Максимовича, ива сахалинская, ива козья, клен Майра, ясень маньчжурский, ильм японский, ильм лопастной, орех Зибольда. Большинство этих деревьев доминируют в скверах, парковых и лесопарковых зонах в районе округа «города Южно-Сахалинск». В более чем 80% случаев в качестве модельных деревьев использованы тополь Максимовича и ива сахалинская. Кислотность коры лиственных деревьев измеряли с помощью pH -метра TESTO 206- $pH1$ согласно оригинальной методике, изложенной в работе «Lichens and air pollution» (Skye, 1968).

На каждом участке исследовали не менее 10 деревьев, все деревья обследовали от основания до высоты 2,5 м, наличие лишайников фиксировали на всей видимой поверхности ствола. Сред-

ние показатели встречаемости определяли относительно всего числа обследованных деревьев на участке, затем устанавливали частоту встречаемости каждого вида относительно общего числа всех обследованных участков. Дополнительно лишайники, найденные на лиственных деревьях, отмечали и на других субстратах, включая бетон, камни, а также другие породы деревьев.

Для выявления основных средовых градиентов, влияющих на формирование видовой структуры лишайниковых сообществ в зеленых насаждениях с различной рекреационной нагрузкой в Южно-Сахалинске и его окрестностях, использовали метод непрямой ординации DCA (Detrended correspondence analysis – анализ соответствий с удаленным трендом). Процедуру непрямой DCA-ординации проводили в программе PC-ORD 4.12. Классификационная матрица составлена по данным участия видов согласно используемой 5-балльной шкале частоты встречаемости видов на участке: 1 – вид представлен менее чем 10% деревьев, 2 – вид представлен на 10–30% деревьев, 3 – вид представлен на 31–50% деревьев, 4 – вид представлен на 51–80% деревьев, 5 – вид представлен на 81–100% деревьев. Принцип ординации заключается в представлении изучаемых объектов в виде точек многомерного пространства, где свойства (виды и оценка их участия в сложении сообщества) являются координатами в этом пространстве. При непрямой ординации оси варьирования отражают влияние факторов среды через сходство и различие распределения видов по разным местообитаниям и фитоценозам (Миркин и др., 2001). Статистическую значимость различий двух независимых выборок устанавливали, используя критерий Манна – Уитни.

Зонирование антропогенного воздействия на эпифитные лишайники было выполнено с помощью кластеризации исследованных участков методом Уорда (Ward, 1963) по значениям характеристик лишайнобиоты, включая видовые особенности распределения и значения встречаемости каждого вида на обследуемых участках. Классификационная матрица для кластеризации составлена по данным участия видов согласно указанной 5-балльной шкале частоты встречаемости видов на участке, также используемой в процедуре DCA-ординации. Кластеризацию выполнили в программе STATISTICA 8.0.

Распределение видов на исследуемых участках было выполнено по степени их чувствительности к антропогенному воздействию. Чувствительность лишайников определяли по приуроченности к зонам антропогенного воздействия, выделенным по результатам кластеризации. При этом приуроченность к данным зонам предполагает не только частоту встречаемости конкретных видов для указанных деревьев, но и присутствие

(+) и отсутствие (–) видов на других субстратах, включая бетон, камни, валежник, другие породы деревьев. Схожая методика классификации чувствительности лишайников была использована для оценки воздействия атмосферных загрязнителей на лишайники в сосновых лесах Кольского полуострова (Горшков, 1990). Дополнительно для отражения более точного уровня чувствительности лишайников был вычислен и присвоен каждому виду коэффициент токсифобности Q (или ассоциированности вида), определяемый по среднему количеству видов, сопутствующих данному виду на всех участках в исследуемом районе (LeBlanc, De Sloover, 1970); чем больше число Q, тем более чувствителен вид.

Идентификация лишайников проведена с помощью традиционных лишайнологических методик, изложенных в Определителе лишайников СССР (Оксер, 1974). При определении использовали микроскопы Биолам, Микромед-2, МБС-10, реактивы: 10%-ный раствор КОН, насыщенный водный раствор CaCl_2O_2 , раствор I_2 в водном растворе йодистого калия и спиртовой раствор парафенилендиамина $\text{C}_6\text{H}_4(\text{NH}_2)_2$. Обработку и определение материалов выполняли в лаборатории островных экологических проблем Института морской геологии и геофизики ДВО РАН и Лаборатории низших растений Биолого-почвенного института ДВО РАН. Названия таксонов даны согласно базе данных *Index Fungorum* (*Index Fungorum*, 2015).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Всего зарегистрировано 112 видов эпифитных лишайников на лиственных деревьях с трещиноватой корой и значениями $\text{pH} = 5,5\text{--}7,0$ в скверах, парковых и лесопарковых зонах Южно-Сахалинска и его окрестностях. Эпиксильные и напочвенные лишайники из родов *Cladonia* P. Browne и *Peltigera* Willd., переходящие на стволы и комли деревьев, также учитывались. Доминантами выступают в основном представители неморальных лишайников из родов *Physcia* (Schreb.) Michaux, *Physconia* Poelt, *Phaeophyscia* Moberg, *Physciella* Essl. В относительно чистых районах встречаются виды из родов *Lobaria* (Schreb.) Hoffm., *Leptogium* (Ach.) Gray, *Collema* F. H. Wigg., *Heterodermia* Trevis., *Myelochroa* (Asahina) Elix & Hale и др.

Впервые для о. Сахалин были отмечены 15 видов: *Acrocordia gemmata* (Ach.) A. Massal. – редко на иве сахалинской в лесопарковой зоне; *Arthopyrenia punctiformis* (Pers.) Massal. – очень часто на ильмах, тополях в парковой и лесопарковой зонах; *Biatora subduplex* (Nyl.) Printzen – спорадически на ивах в лесопарковой зоне в окрестностях города; *Caloplaca gordejjevi* (Tomin) Oxner – очень часто на ильмах, тополях, ивах, ясене, оре-

хе и других деревьях в парковой и лесопарковой зонах, а также вид в городской среде; *Caloplaca kiewkaensis* L. S. Yakovczenko, I. A. Galanina & S.Y. Kondr. – очень редко в лесопарковой зоне на орехе Зибольда в окрестностях руч. Красносельский; *Collema subflaccidum* Degel. – очень часто в лесопарковой зоне на ильмах, тополях, орехе, ясене, ивах, валежнике, реже в парковой зоне; *Dimerella pineti* (Ach.) Vězda – очень редко в лесопарковой зоне на тополе Максимовича в долине р. Рогатка; *Graphis rikuzensis* (Vain.) M. Nakan. – спорадически на ивах, ильмах, клене, тополе Максимовича в лесопарковой зоне; *Leptogium saturninum* (Dicks.) Nyl. – **редко на ивах, ильмах, валежнике** в лесопарковой зоне на удаленных участках; *Melanohalea elegantula* (Zahlbr.) O. Blanco & al. – **очень редко в лесопарковой зоне на орехе Зибольда** в окрестностях руч. Красносельский; *Parmotrema perlatum* (Huds.) M. Choisy – очень редко на ивах в лесопарковой зоне на удаленных участках; *Pertusaria* cf. *xanthostoma* (Sommerf.) Fr. – редко на ильмах, рябине смешанной, ели аянской в лесопарковой зоне; *Pertusaria dactylina* (Ach.) Nyl. – спорадически на ивах, ольхе волосистой, пихте сахалинской в лесопарковой зоне; *Pertusaria leioplaca* DC. – спорадически на ильмах, березе каменной, ивах, ольхе волосистой, пихте сахалинской, рябине смешанной в лесопарковой зоне; *Scoliciosporum chlorococcum* (Graewe ex Stenh.) Vězda – **часто на ясене, тополях в городской среде, во дворах, вблизи дорог.**

Для выявления или подтверждения основных средовых градиентов был использован метод непрямой ординации (рис. 2).

На диаграмме рассеяния в пространстве первых двух осей варьирования выделяются исследуемые участки в зеленых насаждениях с различной рекреационной нагрузкой, имеющие резкие отличия в видовом составе и образующие достаточно плотные и почти не перекрывающиеся друг с другом облака рассеяния. В отдельное облако, расположившееся в правой части ординационной диаграммы, сгруппировались участки городских скверов и некоторые участки парковой зоны. Эти участки отличаются крайне бедным видовым составом с доминированием лишайников толерантных и умеренно толерантных групп. Облака рассеяния участков в зеленых насаждениях парковых и лесопарковых зон, расположенные в левой части диаграммы, также группируются отдельно и перекрываются только на периферии, так как видовой состав данных групп и основные доминанты существенно отличаются. Все группы участков типов сквер (1), парк (2) и лесопарк (3) имеют статистически значимо различающиеся координаты по первой оси варьирования. Длина градиента первой оси варьирования 4,015 стандартного отклонения свидетельствует о значительных различиях в видовом составе исследуемых участков, оказавшихся на разных концах осей. По результатам непараметрического теста Манна – Уитни во всех парах

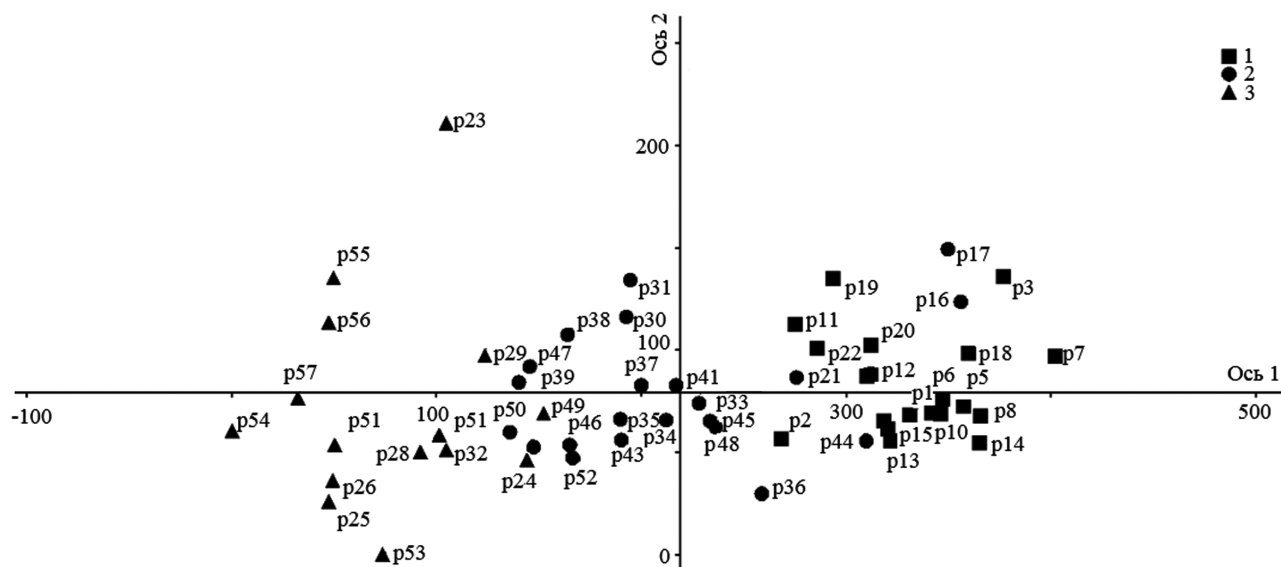
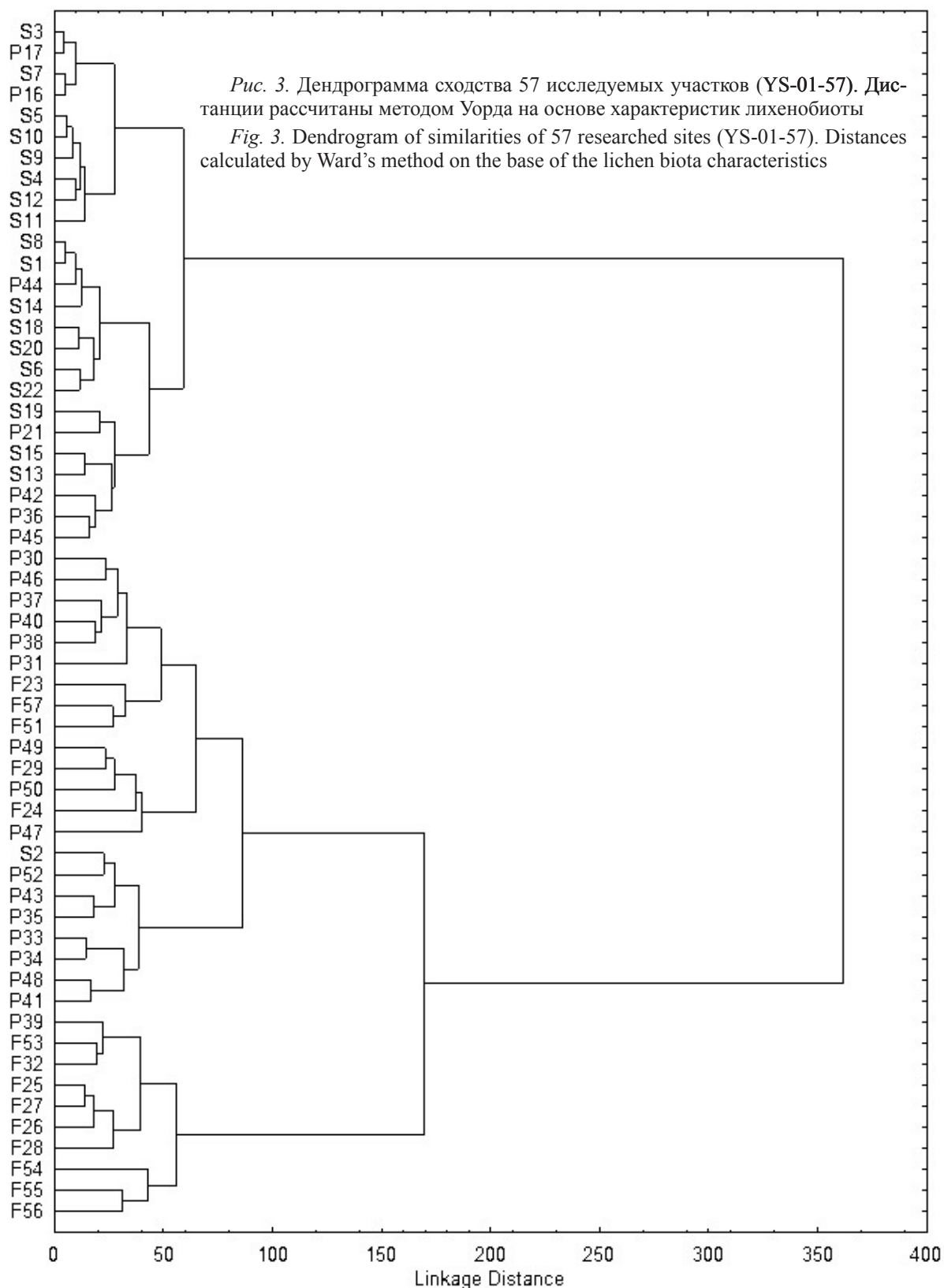


Рис. 2. Непрямая ординация (DCA) участков с описаниями в зеленых насаждениях с различной антропогенной нагрузкой – сквер (1), парк (2) и лесопарк (3) в Южно-Сахалинске и его окрестностях. Ось 1: длина градиента 4,015 стандартного отклонения, собственное значение оси 1 (λ) 0,52, значение $R^2 = 57,7\%$. Ось 2: длина градиента 2,10 стандартного отклонения, собственное значение оси 2 (λ) 0,13, значение $R^2 = 2,2\%$

Fig. 2. Indirect ordination (DCA) of sites in green areas with various anthropogenic impacts and their descriptions: garden (1), park (2), and forest park (3) in Yuzhno-Sakhalinsk and its presincts. Axis 1: gradient length of 4.015 of the standard deviation, proper value of Axis 1 (λ) 0.52, value of $R^2 = 57.7\%$. Axis 2: gradient length of 2.10 of the standard deviation, proper value of Axis 2 (λ) 0.13, value of $R^2 = 2.2\%$

сравнений ошибка оказалась значительно меньше принятого критического уровня 0,05. Следовательно, первая ось варьирования может быть интерпретирована как комплексный градиент антропогенного воздействия, влияющего на состав лишенобиоты.

На основе кластеризации исследуемых участков было выполнено зонирование антропогенного воздействия на эпифитные лишайники по их значениям встречаемости на участках и видовым особенностям распределения на обследуемой территории (рис. 3).



По значениям Эвклидова расстояния отчетливо выделяются 3 большие группы, которые по результатам кластеризации формируют зоны с различным уровнем антропогенного воздействия: зона I сильного воздействия (городская среда), буферная зона II (парковая зона и часть лесопарковой зоны) и зона III слабого воздействия (удаленные участки лесопарковой зоны). Расшифровка кодов участков, где проводились работы, представлена в табл. 1.

На основании значений встречаемости видов в данных зонах были выделены 4 группы чувствительности лишайников к антропогенному воздействию: толерантные (Т), умеренно толерантные (УТ), среднечувствительные (СЧ) и чувствительные (Ч) (табл. 2).

Т-группа включает 6 видов – *Caloplaca holocarpa*, *Physciella cloantha*, *Physciella melanchnra*, *Physcia dubia*, *Scoliciosporum chlorococcum* и *Rinodina* sp. 1, приуроченных к зоне I, которая включает участки, наиболее близкие к источникам загрязнения, – котельные, частный сектор, автомагистрали и т. д. Присутствие данных видов возможно и в зоне II, однако их нахождение довольно редкое, и, как правило, здесь они встречаются в основном на других субстратах. У этих

видов наименьшие показатели индекса токсичности Q – от 8,7 до 15,8.

В УТ-группу входит 11 видов, частота встречаемости которых в различных зонах воздействия существенно не изменяется. Наиболее частые представители этой групп – *Phaeophyscia hirtuosa*, *Candelaria concolor*, *Physconia kurokawae*, *Parmelia saxatilis*. Показатели Q у этих видов – от 18,3 до 30,8.

Виды СЧ-группы, приуроченные к зонам II и III, насчитывают 30 видов – это представители родов *Parmelia* Ach., *Myelochroa* (Asahina) Elix & Hale, *Lecanora* Ach. и др. Лишайники этой группы вместе с УТ-группой формируют основные группировки эпифитных лишайников парковых зон. Показатели Q у этих видов – от 21,5 до 58.

Ч-группа включает 39 видов, которые приурочены к зоне III, – наиболее чистых и наименее нарушенных районов в окрестностях города. Виды этой группы не выносят атмосферного загрязнения и, как правило, наиболее сильно подвержены различным поражениям. К ним относят виды из родов *Lobaria*, *Leptogium*, *Collema*, *Peltigera*, *Heterodermia* и др. У этих видов показатели Q от 26,5 до 53,3.

Таблица 1. Легенда названий участков

Table 1. Legend of site names

№ участка	Расшифровка кода участка	№ участка	Расшифровка кода участка
S1	Набережная Интернационалистов	F24	Ручей Красносельский (Ново-Александровск)
S2	ИМГиГ (район Ново-Александровск)	F25, F26, F27	Река Рогатка
S3	Сквер «Памятный камень»	F28, F32, F51	
S4	Сквер им. Г. И. Невельского	F53, F57, F29	
S5	Сквер им. И. Ф. Крузенштерна	P30	Окрестности Ботанического сада
S6	Сквер им. Н. В. Рудановского	P31	Площадь Славы
S7	Сквер им. В. М. Головнина	P33, P34, P35	Городской парк им. Ю. А. Гагарина
S8	Сквер им. А. П. Чехова	P36, P37, P38	
S9	Сквер Пограничников	P39, P40, P41	
S10	Драмтеатр	P42, P43, P44	
S11	Аллея на ул. Анкудинова	P45, P46, P47	
S12	Аллея им. А. С. Пушкина	P48	
S13	Сквер на площади Ленина	P49, P50, P52	Окрестности гостиничного комплекса «Санта»
S14	Сквер «Асахикава»	F54	Река Красносельская (Ново-Александровск)
S15	Краеведческий музей	F55	Гора Тургенева (северо-западный склон)
P16, P17	Старое городское кладбище	F56	Гора Большевик (южный склон)
S18	Областная больница	S21	Онкологический диспансер
S19	Школа № 21	S22	Школа № 12 (Ново-Александровск)
S20	Аллея в 9-м микрорайоне	F23	Скала Острая

Таблица 2. Список лишайников района исследований с указанием принадлежности к группе чувствительности и встречаемости в % в различных зонах по степени антропогенной нагрузки I, II, III

Table 2. List of lichens in the research area with indicating groups of their sensitivity and frequency in percentage (%) in various zones by the anthropogenic impact degree I, II, III

Лишайники	Q	Группа чувств-ти	Частота встречаемости, %					
			Зона I	ds	Зона II	ds	Зона III	ds
1	2	3	4	5	6	7	8	9
** <i>Acrocordia gemmata</i> (Ach.) A. Massal.	51,0	-	0	-	0	-	3	-
** <i>Arthopyrenia punctiformis</i> (Pers.) Massal.	30,3	СЧ	0	-	21	-	13	-
** <i>Biatora subduplex</i> (Nyl.) Printzen	40,0	Ч	0	-	3	-	3	+
** <i>Caloplaca gordejvi</i> (Tomin) Oxner	26,8	УТ	16	+	53	+	26	+
** <i>Caloplaca kiewkaensis</i> L. S. Yakovczenko, I. A. Galanina & S. Y. Kondr.	38,0	-	0	-	3	-	0	-
** <i>Collema subflaccidum</i> Degel.	40,8	Ч	0	-	3	-	26	+
** <i>Dimerella pineti</i> (Ach.) Vězda	48,0	-	0	-	0	-	3	-
** <i>Graphis rikuzensis</i> (Vain.) M. Nakan.	51,3	Ч	0	-	0	-	8	-
** <i>Leptogium saturninum</i> (Dicks.) Nyl.	36,0	Ч	0	-	0	-	5	+
** <i>Melanohalea elegantula</i> (Zahlbr.) O. Blanco & al.	48,0	-	0	-	0	-	3	-
** <i>Parmotrema perlatum</i> (Huds.) M. Choisy	43,5	Ч	0	-	0	-	5	-
** <i>Pertusaria cf. xanthostoma</i> (Sommerf.) Fr.	43,0	Ч	0	-	3	-	3	+
** <i>Pertusaria dactylina</i> (Ach.) Nyl.	36,0	Ч	0	-	0	-	3	+
** <i>Pertusaria leioplaca</i> DC.	53,0	Ч	0	-	0	-	5	+
** <i>Scoliciosporum chlorococcum</i> (Graewe ex Stenh.) Vězda	8,7	Т	34	+	3	+	0	-
<i>Anaptychia isidiata</i> Tomin.	32,9	СЧ	5	-	24	+	26	+
<i>Bacidia</i> sp. 1	58,0	-	0	-	0	-	3	-
<i>Bacidia</i> sp. 2	43,2	Ч	0	-	3	-	11	+
<i>Bacidia subincompta</i> (Nyl.) Arnold	29,0	-	0	-	3	-	0	-
<i>Biatora vernalis</i> (L.) Fr.	42,6	Ч	0	-	3	-	11	+
<i>Buellia disciformis</i> (Fr.) Mudd.	28,1	СЧ	8	+	47	+	26	+
<i>Buellia erubescens</i> Arnold.	34,1	СЧ	0	-	21	+	11	+
<i>Buellia</i> sp.	26,0	УТ	3	+	13	+	3	-
<i>Caloplaca cerina</i> (Ehrh. ex Hedwig) Th. Fr.	43,5	СЧ	0	-	3	+	3	+
<i>Caloplaca flavorubescens</i> (Huds.) J. R. Laundon	35,6	СЧ	0	-	21	+	26	+
<i>Caloplaca pyracea</i> (Ach.) Th. Fr.	15,8	Т	8	+	3	-	0	-
<i>Caloplaca tarani</i> S. Y. Kondr., S. I. Tchabanenko, I. Galanina & L. Yakovczenko	37,9	Ч	0	-	5	-	13	-
<i>Candelaria concolor</i> (Dicks.) Stein.	18,3	УТ	61	+	39	+	13	-
<i>Cetrelia cf. olivetorum</i> (Nyl.) W. L. Culb. & C. F. Culb.	39,0	Ч	0	-	0	+	3	+
<i>Cladonia coniocraea</i> (Florke) Spreng.	38,5	СЧ	0	-	3	+	3	+
<i>Collema</i> sp.	38,2	Ч	0	-	3	-	11	-
<i>Crysotrix</i> sp.	38,0	-	0	-	3	-	0	-
<i>Evernia mesomorpha</i> Nyl.	23,0	СЧ	0	-	3	+	0	+
<i>Flavoparmelia caperata</i> (L.) Hale	31,1	СЧ	3	-	11	+	8	+
<i>Flavopunctelia soledica</i> (Nyl.) Hale	24,1	УТ	8	+	8	+	3	+
<i>Graphis scripta</i> (L.) Ach.	31,4	СЧ	0	-	42	+	26	+
<i>Graphis</i> sp. 3	48,0	-	0	-	0	-	3	-
<i>Graphis</i> sp. 1	38,0	-	0	-	3	-	0	-
<i>Graphis</i> sp. 2	58,0	-	0	-	0	-	3	-
<i>Heterodermia dissecta</i> (Kurok.) D. Awasthi	43,0	-	0	-	0	-	3	-
<i>Heterodermia hypoleuca</i> (Ach.) Trevis.	37,5	СЧ	0	-	13	-	24	-
<i>Heterodermia microphylla</i> f. <i>granulosa</i> (Kurokawa) Kurokawa	40,0	Ч	0	-	5	-	18	+

Продолжение табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Heterodermia</i> sp.	58,0	-	0	-	0	-	3	-
<i>Heterodermia speciosa</i> (Wulfen) Trevis.	37,3	СЧ	0	-	11	-	24	+
<i>Hypogymnia hypotrypa</i> (Nyl.) Rassad.	39,0	Ч	0	-	0	-	3	+
<i>Lecanora allophana</i> Nyl.	29,7	СЧ	3	-	50	+	26	+
<i>Lecanora pachyheila</i> Hue	30,2	СЧ	0	-	39	+	26	+
<i>Lecanora pulicaris</i> (Pers.) Ach.	48,8	Ч	0	-	3	-	8	+
<i>Lecanora</i> sp. 1	48,0	-	0	-	0	-	3	+
<i>Lecanora</i> sp. 2	51,0	-	0	-	0	-	3	-
<i>Lecanora symmicta</i> (Ach.) Ach.	26,9	УТ	5	+	34	+	11	+
<i>Lecidella euphorea</i> (Flörke) Hertel	51,3	Ч	0	-	0	-	8	-
<i>Lepraria incana</i> (L.) Ach.	32,5	СЧ	3	-	32	+	24	+
<i>Leptogium burnetiae</i> Dodge.	45,6	Ч	0	-	3	-	11	+
<i>Leptogium cyanescens</i> (Rabh.) Körb.	41,0	Ч	0	-	3	-	16	+
<i>Leptogium hildenbrandii</i> Nyl.	52,3	Ч	0	-	0	-	8	+
<i>Lobaria kazawaensis</i> Asahina	53,3	Ч	0	-	0	-	8	-
<i>Lobaria orientalis</i> (Asahina) Yoshim.	42,0	Ч	0	-	0	-	3	+
<i>Lobaria pulmonaria</i> (L.) Hoffm.	41,4	Ч	0	-	5	-	18	+
<i>Lobaria quercizans</i> Michx.	46,4	Ч	0	-	0	-	13	+
<i>Lobaria sachalinensis</i> Asahina	43,8	Ч	0	-	3	-	11	+
<i>Lobaria spatulata</i> Yoshim.	39,4	Ч	0	-	3	-	11	+
<i>Lobaria tuberculata</i> Yoshim.	46,5	Ч	0	-	0	-	5	-
<i>Melanohalea olivacea</i> (L.) O. Blanco & al.	29,7	СЧ	3	-	24	+	8	+
<i>Menegazzia subsimillis</i> (H. Magn.) R. Sant	37,2	СЧ	0	-	8	+	8	+
<i>Myelochroa aurulenta</i> (Tuck.) Hale	38,0	СЧ	0	-	8	-	8	-
<i>Myelochroa entotheiochroa</i> (Hue) Hale	30,0	Ч	0	-	0	-	3	+
<i>Myelochroa subaurulenta</i> (Nyl.) Elix & Hale	32,8	СЧ	5	-	18	+	26	+
<i>Nephroma bellum</i> var. <i>bellum</i> (Spreng.) Tuck.	26,5	Ч	0	-	3	-	3	+
<i>Ochrolechia</i> sp.1	39,4	Ч	0	-	5	-	24	+
<i>Ochrolechia</i> sp. 2	38,8	Ч	0	-	8	-	26	+
<i>Opegrapha atra</i> Pers.	49,0	СЧ	0	-	3	-	5	-
<i>Oxneria huculica</i> S. Y. Kondr.	22,9	УТ	18	+	24	+	8	+
<i>Parmelia fertilis</i> Müll. Arg.	23,9	УТ	29	+	58	+	26	+
<i>Parmelia praesquarrosa</i> Kurok.	45,6	Ч	0	-	3	-	16	+
<i>Parmelia saxatilis</i> (L.) Ach.	23,4	УТ	32	+	58	+	21	+
<i>Parmelia squarrosa</i> Hale	39,7	СЧ	0	-	8	+	18	+
<i>Parmelia sulcata</i> Taylor	31,0	СЧ	5	-	24	+	13	+
<i>Peltigera aphthosa</i> (L.) Willd.	45,0	Ч	0	-	0	-	5	+
<i>Peltigera canina</i> (L.) Willd.	44,3	СЧ	0	-	3	+	8	+
<i>Peltigera collina</i> (Ach.) Schrad.	45,4	Ч	0	-	0	-	13	+
<i>Peltigera membranacea</i> (Ach.) Nyl.	44,8	Ч	0	-	3	-	18	+
<i>Pertusaria amara</i> (Ach.) Nyl.	44,8	Ч	0	-	0	-	13	+
<i>Pertusaria pertusa</i> (Weigel) Tuck.	45,0	Ч	0	-	3	+	16	+
<i>Phaeographis</i> sp.	38,0	-	0	-	3	-	0	-
<i>Phaeophyscia hirtuosa</i> (Kremplh.) Essl.	20,2	УТ	66	+	58	+	26	+
<i>Phaeophyscia hispidula</i> (Ach.) Essl.	30,8	СЧ	5	-	29	+	21	+
<i>Phaeophyscia primaria</i> (Poelt) Trass	26,7	УТ	21	-	34	+	26	+
<i>Phaeophyscia rubropulchra</i> (Degelius) Essl.	27,4	УТ	3	+	18	+	5	+
<i>Physcia aipolia</i> (Ehrh. ex Humb.) Fürnr.	31,2	УТ	3	+	11	+	3	+
<i>Physcia alnophila</i> (Vain.) Loht. et al.	33,4	СЧ	0	-	11	-	8	+
<i>Physcia dubia</i> (Hoffm.) Lettau	13,7	T	58	+	18	+	3	-
<i>Physcia stellaris</i> (L.) Nyl.	21,7	УТ	32	+	34	+	11	+
<i>Physciella chloantha</i> (Ach.) Essl.	10,2	T	29	+	3	+	0	-

Окончание табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Physciella denigrata</i> (Hue) Essl.	30,8	УТ	8	+	16	+	11	+
<i>Physciella melanchra</i> (Hue) Essl.	12,3	Т	66	+	21	+	0	–
<i>Physconia detersa</i> (Nyl.) Poelt	22,0	УТ	34	–	42	+	16	+
<i>Physconia grumosa</i> Kashiw. & Poelt	31,0	СЧ	0	–	42	+	26	+
<i>Physconia kurokawae</i> Kashiw.	22,0	УТ	42	–	39	+	18	+
<i>Physconia lobulifera</i> Kashiw.	58,0	–	0	–	0	–	3	–
<i>Pseudocyphellaria perpetua</i> McCune & Miadl.	40,0	Ч	0	–	3	–	3	+
<i>Pyrenula</i> sp.	54,5	Ч	0	–	0	–	5	–
<i>Ramalina asahinana</i> Zahlbr.	34,0	Ч	0	–	3	–	3	+
<i>Ramalina roesleri</i> (Hochst. ex Schaer.) Hue	25,8	СЧ	0	–	26	+	8	+
<i>Rinodina</i> sp. 1	10,2	Т	13	+	0	–	0	–
<i>Rinodina</i> sp. 2	32,7	СЧ	0	–	32	+	26	+
<i>Rinodina</i> sp. 3	58,0	–	0	–	0	–	3	–
<i>Rinodina</i> sp. 4	35,7	СЧ	0	–	24	+	26	+
<i>Rinodina</i> sp. 5	20,0	–	0	–	3	–	0	–
<i>Schismatomma pericleum</i> (Ach.) Branth et Rostr.	58,0	СЧ	0	–	0	+	3	+
<i>Thelotrema lepadium</i> (Ach.) Ach.	48,0	СЧ	0	–	0	+	3	+
<i>Usnea</i> cf. <i>lapponica</i> Vain.	21,5	СЧ	0	–	5	+	0	+

Примечание. Знаками «+» и «–» отмечены виды на других субстратах (ds). Виды, ранее не указываемые для о. Сахалин, отмечены звездочками, – чувствительность не определена.

Виды лишайников, которые отмечены только один раз, не отнесены ни к одной из групп чувствительности. Распределение видов на исследуемых участках по группам чувствительности в % от общего числа видов в зеленых зонах города и его окрестностях представлено на рис. 4.

ВЫВОДЫ

В результате выполненных исследований были выделены участки с характерным набором видов лишайников, которые соответствуют зонам различной степени антропогенного воздействия – зона I сильного воздействия (городская среда), буферная зона II (парковая зона и часть лесопарковой зоны) и зона III слабого воздействия (удаленные участки лесопарковой зоны). По мере увеличения антропогенной нагрузки зафиксировано изменение видового разнообразия – уменьшение общего числа видов, отмечено уменьшение значений встречаемости среднечувствительных и чувствительных видов и увеличение показателей встречаемости толерантных видов. При этом прослеживается характерная особенность распределения отдельных видов различных групп чувствительности в зависимости от расположения исследуемого участка.

Доминирование толерантных и умеренно толерантных видов отмечено в зеленых насаждениях северной и северо-западной частей города с наиболее сильным загрязнением воздуха вследствие большого числа источников загрязнения – частного сектора, городских котельных, пересе-

чения наиболее загруженных автомагистралей города. Все лишайники здесь со следами угнетения – деформации и недоразвитости слоевищ. Для парковых зон характерно распределение видов, где доминантами выступают умеренно толерантные и среднечувствительные виды с небольшим участием толерантных и чувствительных видов. Высокая частота встречаемости среднечувствительных видов отмечена в центральной и восточных частях городского парка, а также в его северо-восточных окрестностях – район гостиничного комплекса «Санта». В лесопарковой зоне в окрестностях городского водохранилища заметно увеличивается присутствие чувствительных видов, при этом практически полностью отсутствуют толерантные виды. Здесь лишайники из чувствительной группы сохранились благодаря оставленным участкам естественного долинного леса, а также относительной удаленности от источников загрязнения.

На основании распределения лишайников по группам чувствительности к антропогенному воздействию в зеленых зонах Южно-Сахалинска можно сделать вывод, что атмосферное загрязнение локализовано в самом городе и не распространяется далеко в глубь лесопарковой зоны. Особенности рельефа и частые приземные инверсии в районе города способствуют накоплению вредных веществ в приземном воздухе, особенно в пониженных участках (северная и северо-западная части города промышленной зоны), где основной источник загрязнения автотранспорт и печное отопление частного сектора.

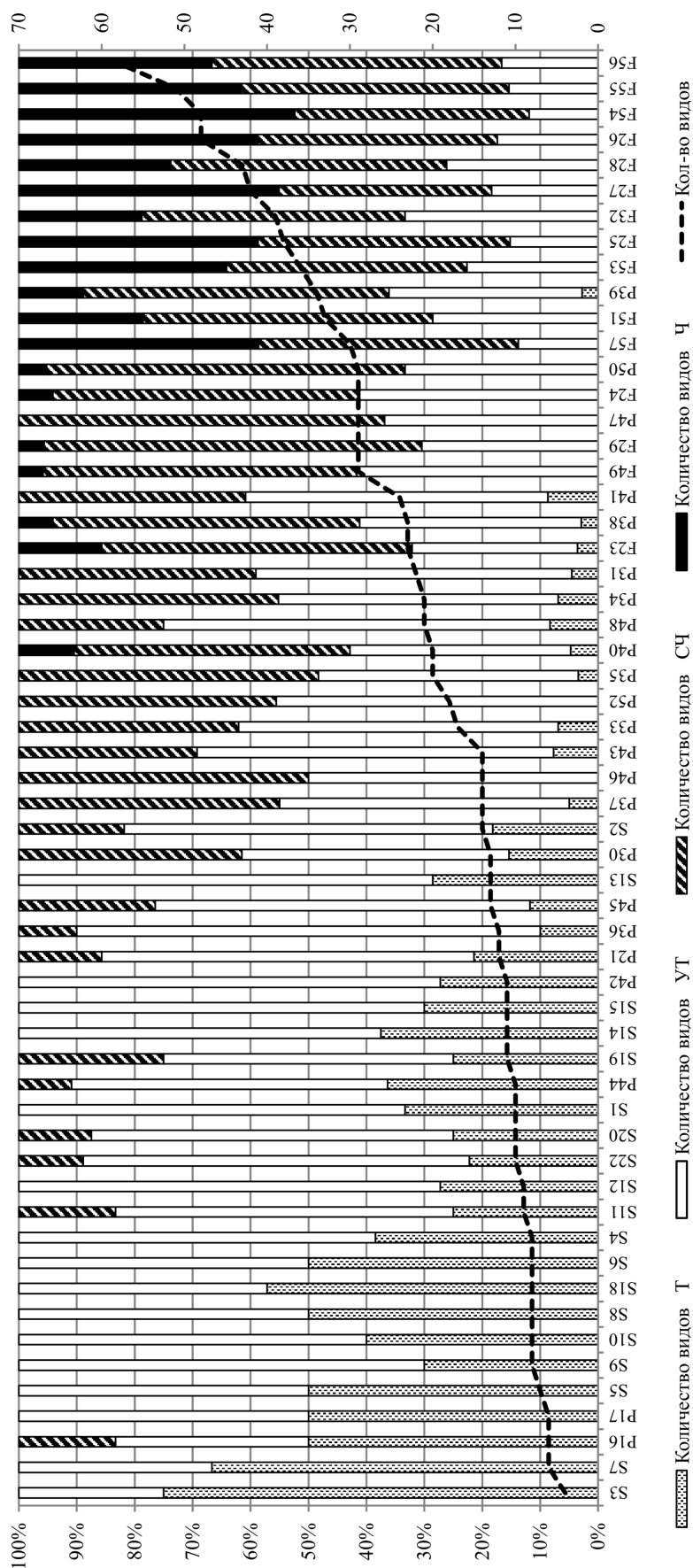


Рис. 4. Распределение видов из разных групп чувствительности на участках в % от общего числа видов (без учета видов, не отнесенных ни к одной из групп) в зеленых насаждениях города и в его окрестностях (по левой оси) и общего количества видов (по правой оси). Участки, где проводились исследования, имеют кодировку S (скверы, школы, больницы), Р (парковая зона) и F (лесопарковая зона) и расположены по мере увеличения количества видов на исследуемом участке

Fig. 4. Distribution of species from different sensitivity groups at the sites in percentage (%) of the total number of species (excluding those not related to any group) of the city's green zones presincts (left axis), and the total number of species (right axis). The sites researched are encoded as S (squares, schools, hospitals), P (park zone) and F (forest park zone) and positioned as the number of species at the site grows

Отметим, что на многих участках в парковой и частично лесопарковой зоне наблюдаются слоевища многих среднечувствительных и чувствительных видов лишайников со следами различных поражений – в виде некрозов, деформации слоевищ, нарушения нормального развития органов плодоношения или их отсутствия, заселения слоевищ чувствительных лишайников более устойчивыми видами. Частые поражения и отклонения нормального развития слоевищ во многих исследуемых районах говорят об общей деградации эпифитного лишайникового покрова на стволах лиственных деревьев в зеленых зонах города, связанной с ухудшением экологической обстановки в Южно-Сахалинске в последние годы.

Данные исследования также показали, что атмосферное загрязнение может быть не единственным фактором обеднения лишенобиоты. Резкое отклонение показателей лишенобиоты на некоторых участках, удаленных от города, где исключается какое-либо атмосферное загрязнение, возможно, является следствием сплошных рубок и последующих за ними лесных пожаров, которые уничтожили большую часть естественных местообитаний лишайников. На этих участках, как правило, отсутствуют валежник и старые деревья, в древостое преобладает ольха волосистая. В результате разрушения таких местообитаний дальнейшее восстановление и расселение лишайников значительно замедляется, что подтверждается отсутствием видов из чувствительных групп и преобладанием пионерных умеренно-толерантных и среднечувствительных видов из родов *Phaeophyscia*, *Physcia*, *Lecanora*, *Buellia*, *Parmelia* и др. Особенности формирования лишайниковых сообществ на таких участках требуют дополнительных исследований.

Авторы выражают благодарность к. б. н. А. В. Кордюкову и К. А. Корзникову за помощь в обработке данных и ценные советы во время написания этой работы.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 15-29-02382 «Микобиота российского Дальнего Востока: ревизия биологического разнообразия как уникального компонента Северо-восточной Азии».

ЛИТЕРАТУРА

- Бязров Л. Г. Лишайники в экологическом мониторинге. – М. : Науч. мир, 2002. – 336 с.
- Горишков В. В. Влияние атмосферного загрязнения окислами серы на эпифитный лишайниковый покров северотаежных лесов // Лесные экосистемы и атмосферное загрязнение. – Л. : Наука, 1990. – С. 144–159.
- Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Сахалинской области в 2013 году. – Ю.-Сахалинск : Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Сахалин. обл., 2014. – 66 с.
- Ежкин А. К., Галанина И. А. Дополнение к лишенобиоте острова Сахалин // Новости систематики низших растений. – СПб. : Ботан. ин-т им. В. Л. Комарова РАН, 2014. – Т. 48. – С. 233–248.
- Земцова А. И. Климат Сахалина. – Л. : Гидрометеоздат, 1968. – 197 с.
- История лесоводства на Южном Сахалине // Статистические данные о лесах Южного Сахалина за 1938 год. – Тоёхара, 1940. – б. и. – 54 с. – (Машинописная рукопись; пер. с яп. З. И. Курганова, Ново-Александровск, 1963).
- Малышева Н. В. Лишайники Санкт-Петербурга. Влияние городских условий и лишеноиндикация атмосферного загрязнения // Ботан. журн. – 1998. – Т. 83, № 9. – С. 39–45.
- Миркин Б. М., Наумова Л. Г., Соломещ А. И. Современная наука о растительности. – М. : Логос, 2001. – 264 с.
- Окснер А. Н. Определитель лишайников СССР. Вып. 2. Морфология, систематика и географическое распространение. – Л. : Наука, 1974. – 284 с.
- Побережная Т. М. Геохимия природных и техногенных ландшафтов Сахалина и Южных Курильских островов. – Владивосток : Дальнаука, 2010. – 124 с.
- Скирина И. Ф., Коженкова С. И., Родникова И. М. Эпифитные лишайники Приморского края и их использование в экологическом мониторинге. – Владивосток : Дальнаука, 2010. – 134 с.
- Таран Ан. А. Лишайники-эпифиты г. Южно-Сахалинск и его окрестностей // Бореальная лишенофлора. Лишеноиндикация / Третья междунар. лишенолог. школа и симпозиум. – Екатеринбург, 2002. – С. 59–60.
- Чабаненко С. И. Конспект флоры лишайников юга Российского Дальнего Востока. – Владивосток, 2002. – 232 с.
- Чабаненко С. И. Лишайники-эпифиты Сахалинского ботанического сада ДВО РАН // Исследование растительного покрова российского Дальнего Востока. – Владивосток : Дальнаука, 1999. – С. 34–37.
- Barkman J. J. Phytosociology and ecology of cryptogamic epiphytes. – Assen : van Gorcum, 1958. – 628 p.
- Bates J. W., Brown D. H. Epiphyte differentiation between *Quercus petraea* and *Fraxinus excelsior* trees in a maritime area of South West England // Vegetatio. – 1981. – Vol. 48. – P. 61–70.
- Farmer A. M., Bates J. W., Bell J. N. B. Ecophysiological effects of acid rain on bryophytes and lichens // Bryophytes and lichens in changing environment / eds. J. W. Bates, A. R. Fanner. Part 11. Clarendon press. – Oxford, 1992. – P. 284–313.
- Index Fungorum. 2015. – URL: <http://www.indexfungorum.org>
- LeBlanc F., De Sloover J. Relation between industrialization and the distribution and growth of epiphytic lichens and mosses in Montreal // Canadian Journal of Botany. – 1970. – Vol. 48. – P. 1485–1496.
- Loppi S. Lichens as bioindicators of geothermal air pollution in central Italy // Bryologist. – 1996. – Vol. 99, No. 1. – P. 41–48.
- Nash T. H. Sensitivity of lichens to sulphur dioxide // Bryologist. – 1973. – Vol. 76 (3). – P. 333–339.

Nash T. H., Gries C. Lichens as indicators of air pollution // The Handbook of Environmental Chemistry / ed. O. Hutzinger. – New York : Springer – Verlag, 1991. – Vol. 4. – Part C. – P. 1–29.

Sato M. Lichens collected by Dr. Y. Okada in Russian Saghalien // Bot. Mag. – Tokyo. – 1935. – Vol. 49. – P. 648–650.

Sato M. Notes on the lichen flora of Minami – Karafuto, or the Japanese Saghalien // Bull. Biogeogr. Soc. Japan. – 1936. – Vol. 6, No. 11. – P. 97–121.

Sato M. Recollection of excursion to Saghalien I. // Journ. Jap. Bot. – 1933. – No. 7–9. – P. 406–546.

Skye E. Lichens and air pollution // Acta phytographica suecica. – Uppsala, 1968. – Vol. 52. – 123 p.

Ward J. H. Hierarchical grouping to optimize the objective function // Journal of the American Statistical Association. – 1963. – Vol. 58. – P. 236–244.

Wetmore C. M. Lichen floristics and air quality // Lichens, bryophytes and air quality. Bibliotheca Lichenologica. – 1988. – Vol. 30. – P. 55–65.

Поступила в редакцию 22.10.2015 г.

EPHYPHYTIC LICHENS OF DECIDUOUS TREES IN THE CITY OF YUZHNO-SAKHALINSK AND SPECIFICS OF THEIR DISTRIBUTION BY SENSITIVITY TO THE ANTHROPOGENIC IMPACT

A. K. Ezhkin, I. A. Galanina

The results of research of epiphytic lichens in the city of Yuzhno-Sakhalinsk and its presincts are presented. Epiphytic lichens of deciduous trees with fractured bark and pH = 5,5–7,0 were researched in green zones of the city and its suburbs, including squares, walkways, city park, territories of some hospitals, schools, and forest parks of public access. Totally 112 lichen species were registered on deciduous trees at all studied sites, 15 of them were new for Sakhalin. Three zones of anthropogenic influence on lichens were distinguished by the results of the cluster analysis of 57 sites, where species composition and frequency of occurrence of each species were considered. Four groups of lichen sensitivity to anthropogenic influence were distinguished according to their confinement to the three zones. The analysis of species distribution by sensitivity to anthropogenic impact was made for each site.

Keywords: lichen indication, lichen sensitivity, atmospheric pollution, indirect ordination, Sakhalin, Far East Russia.