

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ИНСТИТУТ МОРСКОЙ ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКИ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО
ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК (ИМГиГ ДВО РАН)

На правах рукописи

Каганов Владимир Владимирович

**ЭПИФИТНЫЙ МОХОВО–ЛИШАЙНИКОВЫЙ ПОКРОВ НА КОРЕ *POPULUS*
SUAVEOLENS В ПРИРУСЛОВЫХ ЛИСТОПАДНЫХ ЛЕСАХ (ОСТРОВ САХАЛИН)**

Направление подготовки: 06.06.01 Биологические науки

Направленность: 1.5.15 – Экология

НАУЧНЫЙ ДОКЛАД ОБ ОСНОВНЫХ РЕЗУЛЬТАТАХ НАУЧНО-
КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ (ДИССЕРТАЦИИ)

Научный руководитель:

Ежкин Александр Константинович, к.б.н.

Южно-Сахалинск – 2024

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
СТРУКТУРА НАУЧНО-КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ	6
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	10

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы. Классификация растительных сообществ (синузий, группировок) криптогамных организмов уделено значительно меньше внимания, чем классификации сообществ сосудистых растений. Мохово-лишайниковые эпифитные и эпилитные сообщества в большинстве случаев игнорируются при выполнении геоботанических описаний, например, в лесных сообществах, и воспринимаются как объекты классификации лишь сравнительно небольшой группой специалистов в областях бриологии и лихенологии. Хотя в научной литературе высказаны мысли о необходимости восприятия и учета эпифитных сообществ мохообразных и лишайников как неотъемлемой части лесных экосистем, по аналогии с мохово-лишайниковыми сообществами на гниющей древесине (что прямо ведет к отказу от идеи их классификации) [Berg et al., 2020], следование им на практике все же трудновыполнимо ввиду сложности проведения комплексных геоботанических описаний.

Классификации эпифитной мохово-лишайниковой растительности, таким образом, остается самостоятельной и, в целом, малоизученной темой, хотя подходы к классификации использованием синузимального подхода изложены достаточно подробно [Трасс, 1964; Romanova, 2009; Vicol, 2015; Баишева и др., 2015; Mucina et al., 2016; Gillet, Julve, 2018; Juriado, Paal, 2019]. В терминах теоретической фитоценологии, под «синузией» (от греч. *synusia* – совместно пребывание, сообщество) подразумевается пространственно и экологически обособленная часть фитоценоза, отражающая внутрифитоценотическую ассоциированность [Миркин, Розенберг, 1983]. Однако на практике, для подобных группировок мхов и лишайников – объектов нашего исследования, используется термин «растительное сообщество».

Идентификация видовой принадлежности мохообразных и лишайников более трудоемка по сравнению с сосудистыми растениями, что существенно усложняет сбор репрезентативного первичного материала для классификационных обобщений – геоботанических описаний. В России, как и в целом в мире, классификационных построений, систематизирующих эпифитную растительность выполнено не очень много [Баишева и др., 2015], а для территории Российского Дальнего Востока классификационных решений нет. Необходимо заметить, что эпифитная растительность не была классифицирована даже в ходе тщательной инвентаризации растительности Японии во второй половине XX в., и не была учтена в многотомной сводке «Растительности Японии», выполненной под руководством Акиры Мияваки (Akira Miyawaki), даже при наличии активных центров лихенологических и бриологических исследований в японских

университетах и в одном из ведущих мировых центров изучения криптогамной биоты – Nattori Botanical Laboratory.

Цель и задачи работы. Цель работы – изучение эпифитного мохово-лишайникового покрова в долинных и пойменных листопадных лесах с доминированием *Populus suaveolens* на острове Сахалин. В соответствии с данной целью были поставлены следующие задачи:

1. исследовать видовой состав и параметры эпифитного мохово-лишайникового покрова *Populus suaveolens* в долинных и пойменных листопадных лесах о. Сахалин;
2. выделить эпифитные группировки – синузии мохообразных и лишайников на коре *Populus suaveolens*;
3. оценить изменение характеристик эпифитного мохового-лишайникового покрова в условиях с различной степенью антропогенной нагрузки и апробировать методы биоиндикации с помощью мохообразных и лишайников.

Научная новизна. Впервые проведено сравнение мохово-лишайниковых группировок на коре *Populus suaveolens* в прирусловых лесах центральной и южной частях острова Сахалин, включая урбанизированные и естественные местообитания. Установлены существенные различия в доминантном составе эпифитной биоты на тополе в районе исследования. Для тополя зарегистрировано 132 вида лишайников и 62 мхов, впервые для района исследования приводятся – 6 видов лишайников для острова Сахалин, 3 вида лишайников для Сахалинской области и 1 вид нелихенизированного гриба для Азии. Выделен союз — *Physconio detersae–Phaeophyscion hirtuosae*, принадлежащий порядку *Physcietalia* Nadač in Klika et Nadač 1944 класса *Physcietea* Tomaselli et De Micheli 1952, объединяющим нитрофильную и семи-нитрофильную мохово-лишайниковую, преимущественно эпифитную растительность. Выделена ассоциация (асс.) *Physciello melanchrae–Candelarietum concoloris* объединяющую сообщества эпифитов на коре деревьев произрастающих в городской среде (парки, скверы, аллеи, уличное и дворовое озеленение). Асс. *Lecanoro pachycheilae–Collemetum furfuraci* объединяет сообщества эпифитов на деревьях, отмеченных вне урбанизированной территории, при этом сообщества субасс. *L. p.-C. f. typicum* приурочены к естественным лесам, а распространение сообществ субасс. *L. p.-C. f. inops* ограничивается полуестественными местообитаниями (крупные парки и искусственные лесополосы на периферии городской среды).

Теоретическая и практическая значимость работы. Изучение эпифитной биоты в прирусловых листопадных сообществах имеет первостепенное значение в связи с тем, что тополь является одним из основных лесообразующих пород в прирусловых лесах о. Сахалин. Полученные данные – выделенные мохово-лишайниковые группировки, выявленный видовой состав тополя вносят значительный вклад в изучение

биоразнообразия прирусловых лесов и использование биологических объектов – лишайников и мохообразных в мониторинге изменения природных комплексов. Помимо расширения географии исследований эпифитных сообществ, потенциально интересным может быть сравнение мохово-лишайниковых сообществ, ассоциированных с иными видами-форофитами.

Личный вклад автора. Автором был выполнен литературный обзор по теме научно-квалификационной работы. Автором был собран гербарный материал, проведен анализ, систематизация, статистическая обработка, обобщение результатов исследования, постановка задач, выбор методов исследований. Сформулированы выводы и оформлена научно-квалификационная работа. По результатам исследований были опубликованы научные статьи.

Апробация работы. Материалы научно-квалификационной работы докладывались на XXIV Всероссийской молодежной научной конференции (с элементами научной школы), посвященной 55-летию Института биологии Коми НЦ УрО РАН (Сыктывкар, 2017 г.), международной конференции «Lost world» in biodiversity studies: focus at the Earth's «blank spaces» (Владивосток, 2019 г.), III, IV и V Всероссийской научной конференции с международным участием (Южно-Сахалинск, 2019 г., 2021 г., 2024 г.).

Публикации. По материалам научно-квалификационной работы опубликовано 9 работ, из которых 4 – статьи в журналах, входящих в перечень ВАК: 1) Каганов В.В., Кордюков А.В., Ежкин А.К. Особенности распространения эпифитных лишайников на коре тополя Максимовича в городе Южно-Сахалинск и его окрестностях. Геосистемы переходных зон. – 2021. – 5 (4): 428–438. – DOI: 10.30730/gtr.2021.5.4.428-438; 2) Kaganov V.V., Koroteeva T.I. Mosses and liverworts of the main tree species of riparian forests in the middle part of Sakhalin Island (Russian Far East). *Arctoa*. – 2022. – 31: 185–190. – DOI: 10.15298/arctoa.31.20; 3) Игнатова Е.А., Коротеева Т.И., Федосов В.Э., Игнатов М.С., Кузьмина Е.Ю., Ликсакова Н.С., Шкурко А.В., Ежкин А.К., Каганов В.В. Дополнение к флоре мхов Южных Курил (Российский Дальний Восток). *БОТАНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ*. – 2023. – 108(5): 473–483. – DOI: 10.31857/S0006813623050046; 4) Каганов В.В., Ежкин А.К. Дополнение к флоре лишайников острова Сахалин. *БОТАНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ* – 2023. – 108(12): 1128–1134. – DOI: 10.31857/S0006813623120050. Тезисы и материалы конференций – 7 (2 из которых входят в базу Scopus).

Структура и объем работы. Научно-квалификационная работа состоит из введения, 4 глав, заключения, списка литературы, включающего 88 названий, в том числе 27 на иностранных языках. Работа изложена на 68 страницах машинописного текста и включает 6 таблиц, 28 рисунков.

Структура научно-квалификационной работы

Структура научно-квалификационной работы устанавливается целью и задачами исследования. Научно-квалификационная работа состоит из четырех глав.

Первая глава посвящена литературному обзору истории изучения лишайников и мохообразных на острове Сахалин, а также отражены аспекты изучения эпифитных сообществ.

Во второй главе охарактеризованы природные условия района исследования, включающие информацию о рельефе, геологии, речной сети, особенности климата, почв и растительности.

В третьей главе рассмотрены объекты и методы исследования эпифитной криптогамной биоты в прирусловых лесах острова Сахалин.

Для описаний выбирали прямостоящие взрослые деревья *Populus suaveolens* с диаметром ствола на высоте груди не менее 40 см. Все описания выполнили на сегментах стволов на высоте 1.1–1.5 м от уровня почвы – верхний уровень распределения эпифитов и от 0 до 40 см – нижний уровень. Мы использовали прямоугольную рамку размером 10×40 см содержащую 4 квадратные ячейки размером 10×10 см. Рамку закрепляли на стволе дерева, в пределах каждой ячейки учитывали мохообразные растения и лишайники, глазомерно определяли их проективное покрытие. Также выполняли фотографирование каждой ячейки и использовали фотографии для уточнения покрытия видов, определение которых в полевых условиях невозможно. Рамку последовательно помещали на ствол одного дерева с четырех сторон света для анализа распределения эпифитных организмов на верхнем уровне (16 элементарных описаний) и с двух сторон на нижнем уровне (8 элементарных описаний) в квадратных ячейках площадью 100 см² каждая. Всего обследовано 428 деревьев, общее число элементарных описаний составило 9 496, из которых 6 848 описаний исключительно для стволов и 2 648 – для комлевой части ствола. Сумма площадей составила 1 214 400 см² или 121.44 м².

Видовую принадлежность мохообразных и лишайников определяли, используя общепринятые методы сравнительной морфологии и анатомии [Окснер, 1974; Игнатов, Игнатова, 2003, 2004; Степанчикова, Гагарина, 2014]. Использовали стереомикроскоп Альтами СМ0745 и микроскоп цифровой Levenhuk D870T. Обработка и определение проведены в лаборатории экологии растений и геоэкологии Института морской геологии и геофизики ДВО РАН.

Для выделения кластеров описаний на основе сходства видового состава и проективного покрытия мы использовали модифицированный алгоритм TWINSpan

[Roleček et al., 2009] реализованный в программе JUICE 7.1.101 [Tichý, 2002], с проективным покрытием в качестве исходных данных для кластеризации и настройками «по умолчанию».

Названия новым синтаксонам даны в соответствии с правилами действующего кодекса фитосоциологической номенклатуры [Theurillat et al., 2021]. Для визуализации несходства выделенных синтаксонов мы провели непрямую многомерную ординацию всего массива описаний. Ординация выполнена в программной среде R при помощи функций из пакета *vegan* [Oksanen et al., 2019]. Ординационную диаграмму построили при помощи функции *ordiplot* из того же пакета *vegan*, используя разные цвета для разграничения маркеров описаний принадлежащих разным синтаксонам и разную форму маркеров для обозначения трех категорий местообитаний – урбанизированных, полуестественных и естественных.

Для оценки биоразнообразия лишайников был использован индекс Шеннона [Shannon, Weaver, 1963] и индекс выравненности экологических сообществ Пиелу [Pielou, 1966, 1975]. Дополнительно для отражения более точного уровня чувствительности лишайников был вычислен и присвоен каждому виду коэффициент токсифобности Q (или ассоциированности вида) [Foucard, 2001].

Четвертая глава посвящена результатам исследования. Данная глава состоит из шести разделов:

Первый раздел посвящен видовому составу эпифитной флоры в районе исследования и включает аннотированный список, который содержит сведения о 132 видах лишайниках и 66 видов мохообразных. Новыми для района исследования являются виды: *Sphaeropezia ochrolechia* (Diederich, Holien & Zhurb.) Baloch & Wedin – новый для Азии; *Bacidia elongata* Gerasimova et A. Beck., *Physconia subpulverulenta* (Szatala) Poelt., *Lobaria isidiosa* (Müll. Arg.) Vain. – новые для Сахалинской области [Каганов, Ежкин, 2019; 2023], *Bacidia rubella* (Hoffm.) A. Massal., *Anzia japonica* (Tuck.) Müll., *Mycobilimbia carnealbida* (Müll. Arg.) S. Ekman et Printzen., *Mycobilimbia tetramera* (De Not.) Vitik., Ahti, Kuusinen, Lommi et T. Ulvinen ex Hafellner et Turk., *Chaenotheca xyloxena* Nadv, *Pseudoschismatomma rufescens* (Pers.) Ertz et Tehler. – новые для о. Сахалин [Каганов, Ежкин, 2019; 2023].

Во втором разделе будут приведены параметры эпифитного мохово-лишайникового покрова.

В третьем разделе будут выполнены систематический и эколого-морфологический анализы лишайников и мхов на коре *Populus suaveolens*.

В четвертом разделе будет рассмотрен мохово-лишайниковый покров в районе исследований.

Пятый раздел посвящен результатам биомониторинга городской среды и окрестностей на примере г. Южно-Сахалинск. Мхи были определены 14 видов с различным процентом участия в формировании эпифитного покрова тополя. Доминантами выступают типичные мхи для долинных лесов юга Сахалина — *Brachythecium salebrosum* (F. Weber & D. Mohr) Bruch et al., *Orthotrichum sordidum* Hedw., *Leskea polycarpa* Hedw. Выявленные виды отнесли к 2 порядкам, 11 семействам и к 13 родам. Большинство видов принадлежит к порядкам Нурналес Dumort. (13 видов), ко второму порядку Orthotrichales Dixon отнесли всего один вид (*O. sordidum*).

Было зарегистрировано 47 видов эпифитных лишайников. Доминантами среди лишайников 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 и др. Выявленные виды отнесли к 8 порядкам, 14 семействам и к 26 родам.

По значениям Эвклидова расстояния отчётливо выделили 3 большие группы, которые формируют зоны с различным уровнем антропогенного воздействия — зона 1 сильного воздействия (городская среда), буферная зона 2 (парковая зона) и зона 3 слабого воздействия (удаленные участки лесопарковой зоны). Для оценки состояния покрова лишенобиоты, ее систематический и эколого-морфологический состав, при учете лишайников на верхнем уровне поселения (1,1–1,5 м) позволили использовать на данном объекте индекс атмосферной чистоты (I.A.P.). Распределение мохообразных так же находится в зависимости видового состава к расстоянию до автомобильной дороги (корреляция $R^2 = 0,79$). Коэффициент детерминации уравнения зависимости значений I.A.P. от удаления пробных площадей от автомобильных дорог составляет 0,83, что с высокой долей вероятности свидетельствует о том, что причиной уменьшения биоразнообразия и встречаемости эпифитных лишайников на коре тополя является атмосферное загрязнение, вызванное деятельностью автотранспорта.

В *шестом разделе* приведена классификация эпифитных группировок *Populus suaveolens*. Выделен союз — *Physconio detersae–Phaeophyscion hirtuosae*, принадлежащий порядку Physcietalia Nadač in Klika et Nadač 1944 класса Physcietea Tomaselli et De Micheli 1952, объединяющим нитрофильную и семи-нитрофильную мохово-лишайниковую, преимущественно эпифитную растительность. Выделена ассоциация *Physciello melanchrae–Candelarietum concoloris* объединяющую сообщества эпифитов на коре деревьев, произрастающих в городской среде (парки, скверы, аллеи, уличное и дворовое озеленение). Асс. *Lecanoro pachycheilae–Collemetum furfuraci* объединяет сообщества

эпифитов на деревьях, отмеченных вне урбанизированной территории, при этом сообщества субасс. *L. p.-C. f. typicum* приурочены к естественным лесам, а распространение сообществ субасс. *L. p.-C. f. inops* ограничивается полустественными местообитаниями (крупные парки и искусственные лесополосы на периферии городской среды).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В прирусловых листопадных лесах острова в районе исследования на коре тополя зарегистрировано 132 вида лишайников и 62 мхов, впервые для района исследования приводятся – 6 видов лишайников для острова Сахалин, 3 вида лишайников для Сахалинской области и 1 вид нелихенизированного гриба для Азии. Однако работы, направленные на выявление эпифитной флоры в прирусловых листопадных лесах еще не завершены и будут продолжены, вследствие этого в работе отражены не весь материал, часть из которого находится в редакции журнала «Растительность России» и не может быть опубликована раньше выхода статьи.

В настоящее время, исходя из имеющихся материалов, получены следующие выводы.

1. На основании собственных сборов, критического анализа гербарных материалов выявлен видовой состав эпифитной флоры на стволах тополя в районе исследования, который насчитывает: сведения о 132 видах лишайниках и 66 видов мохообразных.

2. Новыми для района исследования являются виды: *Sphaeropezia ochrolechia* (Diederich, Holien & Zhurb.) Baloch & Wedin – впервые отмечен в Азии; *Bacidia elongata* Gerasimova et A. Beck., *Physconia subpulverulenta* (Szatala) Poelt., *Lobaria isidiosa* (Müll. Arg.) Vain. – новые для Сахалинской области, *Bacidia rubella* (Hoffm.) A. Massal., *Anzia japonica* (Tuck.) Müll., *Mycobilimbia carnealbida* (Müll. Arg.) S. Ekman et Printzen., *Mycobilimbia tetramera* (De Not.) Vitik., Ahti, Kuusinen, Lommi et T. Ulvinen ex Hafellner et Turk., *Chaenotheca xyloxena* Nadv, *Pseudoschismatomma rufescens* (Pers.) Ertz et Tehler. – впервые отмечены для о. Сахалин.

3. Результаты, полученные при изучении эпифитного покрова в окрестностях г. Южно-Сахалинск позволили выполнить биологический мониторинг. Данные исследования показали, что причиной уменьшения разнообразия и встречаемости эпифитных биоты на коре тополя, вызванное не только длительным воздействием автотранспорта, но и другими факторами среды

4. Реализованы классификационные решения для мохово-лишайникового покрова на стволах тополя. Выделен союз — *Physconio detersae–Phaeophyscion hirtuosae*, который объединяет нитрофильную и семи-нитрофильную мохово-лишайниковую, преимущественно эпифитную растительность. Выделена ассоциация *Physciello melanchrae–Candelarietum concoloris* объединяющую сообщества эпифитов на коре деревьев, произрастающих в городской среде (парки, скверы, аллеи, уличное и дворовое

озеленение). Асс. *Lecanoro pachycheilae–Collemetum furfuraci* объединяет сообщества эпифитов на деревьях, отмеченных вне урбанизированной территории, при этом сообщества субасс. *L. p.-C. f. typicum* приурочены к естественным лесам, а распространение сообществ субасс. *L. p.-C. f. inops* ограничивается полуестественными местообитаниями (крупные парки и искусственные лесополосы на периферии городской среды).