

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В. ЛОМОНОСОВА

На правах рукописи

Аристархова Екатерина Александровна

**Разнообразие и распространение редких эпифитных лишайников
в Московской области**

Специальность 1.6.12 Физическая география и биогеография,
география почв и геохимия ландшафтов

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата географических наук

Москва – 2026

Диссертация подготовлена на кафедре биогеографии географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова

Научный руководитель: **Бобров Алексей Владимирович**, доктор биологических наук, профессор РАН

Официальные оппоненты: **Гайрабеков Умар Ташадиевич**, доктор географических наук, доцент, Академия наук Чеченской Республики, Институт природных ресурсов, директор

Дудов Сергей Валерьевич, кандидат географических наук, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, биологический факультет, кафедра экологии и географии растений, доцент

Пчелкин Алексей Васильевич, доктор биологических наук, Институт географии Российской академии наук, лаборатория биогеографии, ведущий научный сотрудник

Защита диссертации состоится «28» мая 2026 г. в 15:00 на заседании диссертационного совета МГУ.016.9 Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова по адресу: 119991, Россия, г. Москва, Ленинские горы, д. 1, Главное здание МГУ, географический факультет, 18-й этаж, ауд. 1807.

E-mail: dissovetmsu016.9@yandex.ru

С диссертацией можно ознакомиться в отделе диссертаций научной библиотеки МГУ имени М.В. Ломоносова (Ломоносовский просп., д. 27) и на сайте АИС «Диссовет»: <https://dissovet.msu.ru/dissertation/3909>

Автореферат разослан «__» апреля 2026 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат географических наук



М. А. Смирнова

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследований и степень ее разработанности. Лишайники, или лишенизированные грибы, как симбиотрофный компонент экосистем, широко представлены в природе (более 20 тыс. видов). Они обитают в разных природно-климатических условиях от полюсов до экваториальных широт. В отдельную экологическую группу выделяют эпифиты, использующие в качестве субстрата органы и ткани древесных растений. Наиболее сложно организованы и развиты в морфологическом отношении кустистые лишайники-эпифиты. Многие их представители являются стенобионтами, произрастают в условиях достаточно высокой влажности воздуха и минимального его загрязнения и крайне чувствительны к изменению экологических условий. Отдельные виды и таксоны становятся объектом изучения в целях биоиндикации и мониторинга, вносятся в списки охраняемых организмов различных регионов.

В Московской области происходит сокращение количества местообитаний уязвимых видов эпифитных кустистых лишайников в результате изменений экологических условий. Растительные сообщества подвергаются фрагментации в результате строительства, развитие столичной агломерации приводит к увеличению доли выбросов транспорта. На настоящий момент 23 вида из 4 родов эпифитных кустистых лишайников, в связи с их редкостью и сокращением численности, занесены в Красную книгу Московской области.

Наблюдение за лишайниками и их гербаризация в Московской области были начаты в кон. XIX – нач. XX вв., представлены работами А. Мюллера (Müller, 1878), К. Гейдена и др. Во 2-й половине XX в. значительный вклад в изучение лишенобиоты области был сделан Н.С. Голубковой (1959, 1962, 1966, MW) и Л.Г. Бязровым (1969, 1971, 1996 и др., MW). Степень изученности лишайников региона продолжала увеличиваться уже в новом тысячелетии и представлена внушительным библиографическим списком (Пчелкин, 2005; Нотов, 2010 и др.; Зарубина и др., 2016; Мучник, 2016, 2018 и др.; Сулова и др., 2017; Толпышева и др., 2017; Чернядьева и др., 2018; Черепенина, Мучник, 2020 и др.; Аристархова, Сулова, 2023) и др. За весь период исследований по Московской области вышло три издания Красной книги (1998, 2008, 2018).

Данное диссертационное исследование является продолжением многолетних исследований лишенобиоты Московской области, в рамках которого нами впервые предпринята попытка обобщения данных за более чем 100 лет о разнообразии и распространении видов редких чувствительных эпифитных кустистых лишайников четырех родов, охраняемых в регионе.

Цель исследования – выявление разнообразия, распространения, эколого-ценотических связей редких видов эпифитных кустистых лишайников в экосистемах Московской области и разработка рекомендаций по их охране.

Задачи исследования:

1) выявление экологических особенностей и распространения редких охраняемых видов кустистых эпифитных лишайников родов: **анаптихия (*Anaptychia*)**, **бриория (*Bryoria*)**, **рамалина (*Ramalina*)**, **уснея (*Usnea*)** в Московской области на основе литературных, картографических, фондовых материалов и других источников информации, собранных с кон. XIX в. по нач. XXI в. и полевых авторских материалов (включая самостоятельно идентифицированный и верифицированный лихенологический гербарий (с 2008 по 2024 г.);

2) анализ современного состояния, количественных показателей (обилия и встречаемости) лишайников в конкретных местообитаниях, выявление участков с максимальным видовым разнообразием, зависящих от климатических условий (средние многолетние среднемесячные температуры воздуха и количество осадков), гигротопы, характера растительности, уровня антропогенной нарушенности растительных сообществ в Московской области в настоящее время;

3) выявление наиболее редких и чувствительных видов, которые можно использовать в качестве индикаторов состояния экосистем и для определения экологически ценных местообитаний (фитоценозов), выработка мер по организации мониторинга и охране уязвимых и редких видов лишайников и составление рекомендаций по изменению/сохранению статуса охраны (категории редкости) отдельных видов на уровне Красной книги Московской области.

Объект исследования. Разнообразие и распространение представителей четырех родов редких кустистых эпифитных лишайников в Московской области. **Предмет исследования.** Экологические связи изучаемых видов лишайников с экосистемами в области. Все виды указанных таксонов являются охраняемыми в регионе (по: Красная книга Московской области, 2018):

- Анаптихия (*Anaptychia* Körb.) – 1 вид (*Anaptychia ciliaris* (L.) Körb.),
- Бриория (*Bryoria* Brodo et D. Hawksw.) – 8 видов,
- Рамалина (*Ramalina* Ach.) – 8 видов,
- Уснея (*Usnea* Dill. ex Adans.) – 7 видов.

Научная новизна. Аналогичные исследования биогеографии и разнообразия редких видов кустистых эпифитных лишайников и их эколого-ценотических связей в экосистемах Московской области, с анализом данных за период более 100 лет, до настоящего времени не проводились. Впервые был разработан оригинальный способ оценки обилия и встречаемости видов лишайников, с включением материалов прошлых лет и новейших данных.

Получены качественно новые данные о распространении и ценотической приуроченности редких кустистых эпифитных лишайников в Московской области. Число находок большинства изучаемых видов по сравнению с прошлым столетием увеличилось в десятки раз, что можно отметить по первому изданию Красной книги Московской области (1998). Многие виды в последнее десятилетие удалось впервые обнаружить на востоке Подмосковья, в окрестностях Ногинска и Шатуры. Составлены на сеточной основе картосхемы распространения 23 изученных автором видов.

Автором установлено, что некоторые виды на территории региона можно рассматривать как показатель естественных, малонарушенных растительных сообществ и экологически наиболее благоприятных условий среды для их обитания (наличие определенного субстрата (видов деревьев), обеспеченность достаточным для роста и развития количеством влаги, доступной для усвоения лишайником).

Сборы изучаемых видов лишайников из разных городских округов Московской области (300 записей) дополнили коллекции лихенологических гербариев: MW, LE-L и кафедры биогеографии географического факультета МГУ имени М. В. Ломоносова (MWG).

Теоретическая и практическая значимость. По результатам исследований удалось сделать ряд важных выводов, которые позволяют создать полную и верифицируемую картину современного состояния и характера распространения отдельных групп кустистых лишайников-эпифитов в Московской области, а также оценить зависимость их распределения по региону от конкретных условий среды и растительных сообществ.

Составлены карты распространения охраняемых видов родов анаптия, бриория, рамалина и уснея, полученные данные включены в Паспорта и Положения организуемых и реорганизуемых охраняемых территорий (ООПТ), выработаны рекомендации по установлению статуса охраны, которые были приняты во внимание при выходе Красной книги Московской области (2018).

Результаты о распространении лишайников в тех или иных экологических условиях позволяют наилучшим образом организовать мониторинг и выявить потенциальные

местообитания, оптимизируют поиск редких видов. Данные по видам внесены в фондовый реестр («Банк данных...»). Авторские сведения опубликованы на платформе iNaturalist.

Были уточнены и обновлены статусы охраны всех изучаемых кустистых эпифитных лишайников Московской области.

Материалы и методы исследования.

На первом этапе работы рассмотрена топология распространения исследуемых видов лишайников, воссозданная на основании материалов прошлого столетия путем обобщения данных о встречах и сборах лишайников в Подмосковье, начиная с ранних сообщений кон. XIX в. (Müller, 1878; Доктуровский, 1905; Еленкин, 1906–1911; Голубкова, 1959, 1962 и др.; Бязров 1969, 1971, 1996 и др.). На втором этапе для оценки современного состояния (географии и экологии) исследуемых групп лишайников Московской области за период исследований (2008–2024 гг.) использованы данные отчетов по мониторингу и натурно-техническим обследованиям (НТО), проводимых автором на территории области в сотрудничестве с природоохранным фондом (ПФ) Московской области «Верховье», в том числе в пределах сети ООПТ, а также созданная на их основе база данных «Банк данных по объектам животного и растительного мира, занесенным в Красную книгу МО» по находкам видов более чем за 15 лет (2008–2024 гг.), в базе учтены сведения о находках с 1990 г. по 2008 г. (до начала мониторинга ПФ «Верховья»). Все исследование опирается на Красную книгу Московской области (1998, 2008, 2018).

Положения, выносимые на защиту:

1. Наиболее благоприятные экологические условия (достаточное количество влаги в приземном слое воздуха, наименее выраженное воздействие источников загрязнения воздушной среды) для развития эпифитных кустистых лишайников сформированы в западной и северо-западной частях Московской области, в пределах Верхне-Волжской, Смоленской и Московской физико-географических провинций, в Лотошинско-Талдомском и Можайско-Загорском геоботанических округах, где обнаружены наибольшая частота встречаемости исследованных видов и их максимальное обилие в сообществах.

2. Редкие эпифитные кустистые лишайники распространены в сохранившихся массивах старовозрастных еловых, сосново- и березово-еловых влажных и заболоченных лесов, лесных окрестностях переходных болот (сосновых и елово-сосновых), мелколиственных лесах близ водных объектов и растительных сообществах старых парков и усадеб, важным лимитирующим фактором является степень нарушенности биотопа и источники влаги в приземном слое воздуха.

3. На основании данных о распространении изученных видов кустистых эпифитных лишайников (*анатихия реснитчатая*, *бриория буроватая* и *б. волосовидная*, *рамалина мучнистая* и *р. европейская*, *уснея жестковолосатая* и *у. густобородая*), выявлены растительные сообщества с высокими показателями увлажнения и низкой нарушенностью, удаленные от источников аэрозагрязнения – наиболее ценные с природоохранной точки зрения экосистемы, которые следует использовать для организации новых и расширения действующих ООПТ.

Степень достоверности. Автором был обработан многолетний массив данных о редких эпифитных кустистых лишайниках региона (кон. XIX в. – 2024 г.). Результаты исследования основаны на большом объеме оригинального полевого материала, литературных и дистанционных данных, обработанных в соответствии с используемыми в биогеографии и лишенологии методиками. Основные результаты опубликованы в рецензируемых журналах, индексируемых в базе данных Российского индекса научного цитирования «eLibrary Science Index», а также представлены в виде докладов на международных и российских научных конференциях.

Апробация результатов.

Автором произведен и продолжает вестись учет редких эпифитных кустистых лишайников по всему региону исследований (450 точек фиксации видов изучаемых лишайников). Автором подготовлены и апробированы учебно-методические материалы, позволяющие освоить методику определения некоторых групп лишайников и провести занятия по работе с таксономическими ключами (2021 г.). Авторские материалы включены в Красную книгу Московской области (2018) и служат в для подготовки разделов по лишайникам в следующих изданиях.

Результаты работы представлены на научных конференциях: «The 3-rd Russian-Japanese Collaboration Seminar for Sustainable Environment ENVIRONMENTAL RISKS FOR SOCIOECONOMIC DEVELOPMENT» (Moscow, 2016), «IV (XII) Международная ботаническая конференция молодых ученых в Санкт-Петербурге» (Санкт-Петербург, 2018), «IV Международный Микологический Форум» (Москва, 2020), «19-я Международная научно-практическая конференция «Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии» (Барнаул, 2020), «Теоретические и прикладные проблемы ландшафтной географии. VII Мильковские чтения (Воронеж, 2023), «Всероссийская научно-практическая конференция (с международным участием) «Зеленый каркас города: от теории к практике» (Москва, 2026) и на заседаниях комиссии биогеографии МГО РГО (Москва, 2020, 2025).

Публикации. Автором по теме диссертации опубликовано 9 научных работ. Из них 4 статьи – в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ по специальности и отрасли наук. Результатом полевых исследований стали сведения о новых находках лишайников, их экологии и географии (Аристархова, Сулова, 2017; Чернядьева и др., 2018, Аристархова и др., 2023), вклад автора – 70%, 10% и 30%, соответственно. Рассмотрены индикационные связи лишайников с условиями обитания (Aristarkhova, 2018; Аристархова, Сулова, 2020), вклад автора – 80%, 60%. Апробирована методика применения экспертной оценки встречаемости и обилия для количественного учета эпифитных кустистых лишайников (Аристархова и др., 2020, 2022), вклад автора – 90% и 85%. Также выполнена работа по оценке распространения редких кустистых лишайников-эпифитов в лесных экосистемах в связи с параметрами среды (температуры, осадки, уровень антропогенной нарушенности) (Chernenkova et al., 2023; Аристархова, Сулова, 2023), вклад автора – 20%, 60%. При работе в других регионах автором неоднократно применялись представленные наработки.

Личный вклад автора. В ходе работы с отечественной и зарубежной литературой, автором была разработана комплексная шкала экспертной оценки обилия и встречаемости редких видов эпифитных кустистых лишайников в растительных сообществах для территории Московской области.

Автором в течение десятилетнего периода полевых исследований (2014–2024 гг.) проведена мониторинговая работа в рамках проектов ПФ «Верховье», включающая полевые выезды (200 км маршрутов), учет редких охраняемых видов лишайников и их сбор с целью камерального определения. В Московской области с 2008 г. (от начала мониторинговых обследований ПФ «Верховье») по май 2024 г. было зарегистрировано 2500 экземпляров лишайников из родов анаптихия, бриория, рамалина и уснея. Полученные данные по видам лишайников внесены автором в фондовый реестр («Банк данных...») и использованы в анализе. Автором освоены принятые в лихенологии сравнительно-морфологические и сравнительно-анатомические методы установления таксономической принадлежности макролишайников с использованием цветных реакций и было лично идентифицировано более 300 образцов изучаемых видов, собранных из разных городских округов Московской области (личные сборы и сборы коллег). Определения верифицированы научным консультантом, д.б.н. Е.Э. Мучник.

Структура работы. Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения и библиографии из 400 наименований, из которых 156 – на иностранных языках, 7

приложений (гlossарий, справочные материалы, картосхемы, сводные таблицы). Материал изложен на 295 страницах, включает 11 таблиц, 92 рисунка.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава 1. Лишайники в Московской области

1.1. Общая физико-географическая характеристика Московской области

Московская область (далее – МО) расположена в центральной части Восточно-Европейской равнины, относится к зоне достаточного увлажнения. К наиболее увлажненным в регионе, на основе годового распределения осадков и температур, относятся северо-западные участки в районе Клинско-Дмитровской возвышенности. В рамках физико-географического районирования МО (Солнцев, 1961; Анненская и др., 1997) выделено 114 ландшафтов, относящихся к 7 физико-географическим провинциям. Основная часть области находится в зоне хвойно-широколиственных (гемибореальных) лесов (Курнаев, 1982; Огурева, Герасимова, 1993; Черненькова и др., 2020), юго-восточная часть лежит в зоне широколиственных лесов (Биомы России, 2018). Средняя лесистость довольно высокая (около 50 %).

Растительность МО значительно преобразована, широко распространены производные сообщества березово-еловых и березово-елово-сосновых, елово-мелколиственных лесов, мелколиственно-сосновые верховые и переходные болота, сеяные луга, большая площадь отведена под застройку и объекты инфраструктуры.

1.2. Общая характеристика лишайников и особенности их охраны

Лишайники – эколого-трофическая полифилетическая группа, в которую входят представители различных филогенетически обособленных групп грибов (Гимельбрант, Кузнецова, 2014). В работе рассмотрены эпифитные лишайники кустистой биоморфы. К кустистым повисающим плосколопастным относятся *Anaptychia ciliaris* и представители рода *Ramalina*, к повисающим радиальнолопастным – pp. *Usnea* и *Bryoria*.

Изучаемые виды бриории и уснеи имеют циркумбореальный ареал, обитают в умеренном поясе в хвойных и хвойно-широколиственных лесах. Виды рамалины и анаптихия реснитчатая обитают в широколиственных лесах северо-восточной части Евразии, Северной Америки, встречаются в субтропическом поясе на юге Европы и севере Африки (GBIF).

Охрана лишайников заключается, главным образом, в сохранении естественных местообитаний и растительных сообществ, пригодных для их дальнейшего расселения. Для сохранения видов описан также метод криоконсервации (Пчелкин, Пчелкина, 2014; и др.).

1.3. Лишайники как компоненты и возможные индикаторы состояния экосистем

Биоиндикационный подход основан на фиксации параметров, по которым можно выявить, насколько условия биотопа отвечают требованиям организма. Такие признаки, как присутствие вида, встречаемость, обилие, морфологические особенности и процессы жизнедеятельности, принято использовать для индикационных целей *на уровне экосистем* (Опекунова, 2004).

Эпифитные кустистые лишайники являются одними из известных биоиндикаторов. Индикаторами *редких и биологически ценных сообществ* считаются виды лишайников, имеющие высокие требования к условиям местообитания (стенотопные, или стенобионтные) и приуроченные исключительно к старовозрастным и/или сравнительно малонарушенным лесным и болотным сообществам, старым паркам, наиболее сохранившимся участкам степных и остепненных местообитаний, а также произрастающие в рассматриваемой зоне на границе своих ареалов, поскольку в таких случаях экологическая ниша вида автоматически сужается (Мучник, 2011, 2015).

Глава 2. Использованные материалы и методы их обработки

Учет лишайников в МО (2008–2024 гг.) проведен маршрутным методом с указанием местообитания, субстрата и обилия и встречаемости, задействованы данные инвентаризации лесов МО (совместно с ПФ «Верховье»).

Экспертная оценка учета относительной численности лишайников основана на установлении обилия лишайников, попадающих в поле зрения специалиста (количество экземпляров на дереве) и их встречаемости на единицу площади (1 км²), для каждого вида. Видовое богатство лишайников МО было выявлено при составлении картосхем двух типов. На картосхемах с сеточной основой (22 картосхемы) с размером ячейки 100 км² определено общее количество видов (23) и встречаемости каждого вида. На аналитических картосхемах (23 картосхемы) отображены тип местообитания, обилие и встречаемость (Аристархова и др., 2020). Методы реализованы в «MapInfo Professional» (12.5) и «Quantum GIS» (3.28.15).

В целях оценки влияния условий среды на распространение видов и индикаторных свойств лишайников были использованы оригинальные полевые данные о местонахождениях особей изучаемых видов в структуре растительного покрова и ландшафтов МО.

Статистическая обработка. Осуществлен статистический анализ по факторам, определяющим формирование биотопов: *растительность, влажность воздуха, антропогенная нагрузка*. Для находок видов лишайников в пределах физико-

географических провинций (Анненская и др., 1997) была установлена привязка к *растительными сообществами* рангов формаций и групп ассоциаций (Огуреева и др., 1996; Chernenkova et al., 2019), а также для каждого вида лишайника рассчитана доля находок внутри растительных сообществ (Аристархова и др., 2020) от их общего количества в растительном покрове региона. Были выявлены ценоотические связи лишайников с *растительными сообществами*. Подсчитаны данные по субстрату (форофитам) для 23 видов лишайников (2200 находок).

Виды лишайников (исключая виды с единичными местонахождениями) были задействованы в частотном анализе с использованием *критерия согласия Пирсона χ^2* (Chernenkova et al., 2023) для оценки пространственного распределения лишайников в пределах физико-географических провинций (ФГП) (Аристархова, Сулова, 2023).

На основе *F-теста*, или *критерия Фишера* (при $p = 0,005$), была произведена оценка параметров, которые могут оказывать влияние на распределение лишайников. *Температурно-влажностный режим (климатический фактор)*. В рамках регрессионного анализа (Statistica 12) на территорию МО из полного набора (48) климатических переменных (WorldClim) методом автокорреляции были выбраны пять независимых тепло-влажностных показателей (среднемесячные температуры января, марта, мая и среднемесячное количество осадков за март и апрель). В их отношении была оценена топология современных находок лишайников в области. *Увлажненность местообитаний в растительных сообществах (экологический фактор)*. Использованы полевые описания (увлажненность – гигротоп) и данные мультиспектральной спутниковой съемки (Sentinel-2), по которым рассчитывался *NDWI – индекс влажности земной поверхности* (Chernenkova et al., 2019). Удаленность от известных источников атмосферного загрязнения (*антропогенный фактор*) оценена с применением спутниковых данных о «ночной светимости» земной поверхности («Nighttime lights», NTL) (Tronin et al., 2014; Chernenkova et al., 2023).

На основании синтеза данных, нами предложена классификация *индикаторной роли изученных видов* в различных экосистемах. В качестве экологических индикаторов, или биоиндикаторов экосистем (экосистемных индикаторов) предлагается рассматривать виды с высокой долей находок, которая приходится на данное растительное сообщество при наличии связей с определенными параметрами экосистемы (эколого-динамическая стадия фитоценоза, возраст древостоя, влагообеспеченность, нарушенность растительного сообщества).

В основе методологии *моделирования пригодных мест обитания* лежит дифференцированный подход к выбору алгоритма SDM в зависимости от числа точек присутствия видов (N). Для 13 видов с $N \geq 10$ использован MaxEnt (Phillips, Dudík, 2008); для *Ramalina calicaris* ($5 \leq N < 10$) – ансамбль малых моделей (ESM) (Breiner et al., 2015; 2018); для 10 видов с $N < 5$ моделирование не проводилось. Для устранения мультиколлинеарности из 40 исходных спектральных индексов методом VIF (Marquardt, 1970; Dormann et al., 2013) отобрано 6 переменных (cvi, ndwi, pgr, rvi, tndvi, vmi), характеризующих влажность, продуктивность растительности и структуру полога леса. Непрерывные карты вероятности преобразованы в бинарные с использованием сбалансированного порога ETSS – равенства чувствительности и специфичности обучающих данных (Liu et al., 2013; 2016), устойчивого к влиянию псевдо-отсутствий. Бинарные карты суммированы методом bSSDM (Schmitt et al., 2017), что позволило получить итоговую карту видового богатства (0–14 видов на пиксель). При интерпретации результатов учитываются ограничения метода.

Глава 3. Распространение, экология и охрана редких видов родов *Anaptychia*, *Bryoria*, *Ramalina*, *Usnea* в Московской области

По результатам первого этапа обработки данных создано четыре картосхемы мест находок лишайников каждого рода в МО (по данным 1900 – 2008 гг.) (м. 1:3000000) (рис. 1), в разделе раскрывается информация о мировом распространении лишайников (по данным GBIF и другим источникам).

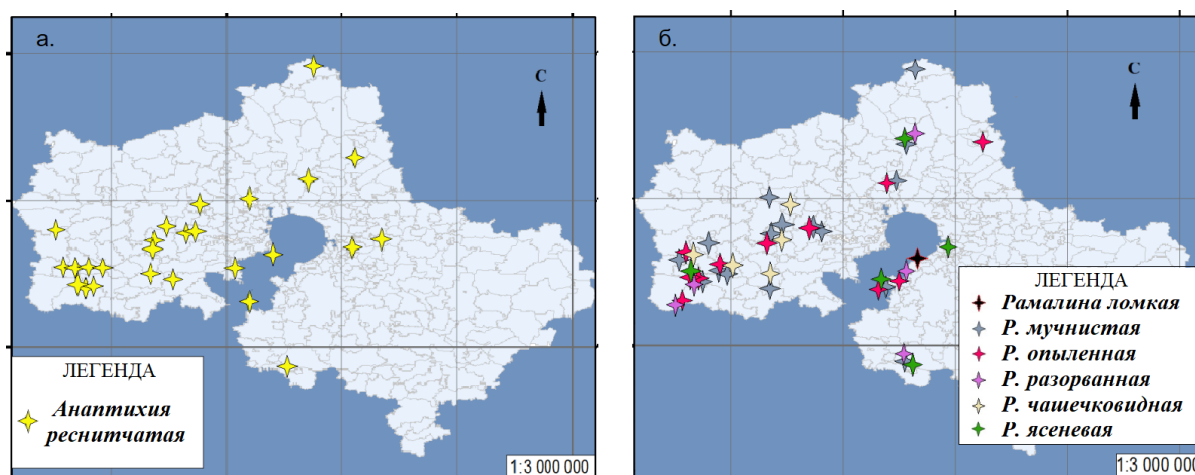


Рисунок 1. Находки анаптихии реснитчатой и видов рода *Ramalina* в Московской области (по данным 1900 – 2008 гг.; Красная книга МО, 2-е изд.).

Обследована большая часть сохранившихся естественных ландшафтов и все особо охраняемые природные территории (ООПТ) региона: 264 региональных и 4 федеральных.

Автором было составлено 22 карты распространения и обилия по каждому изучаемому виду редких эпифитных кустистых лишайников на территории МО (рис. 2).

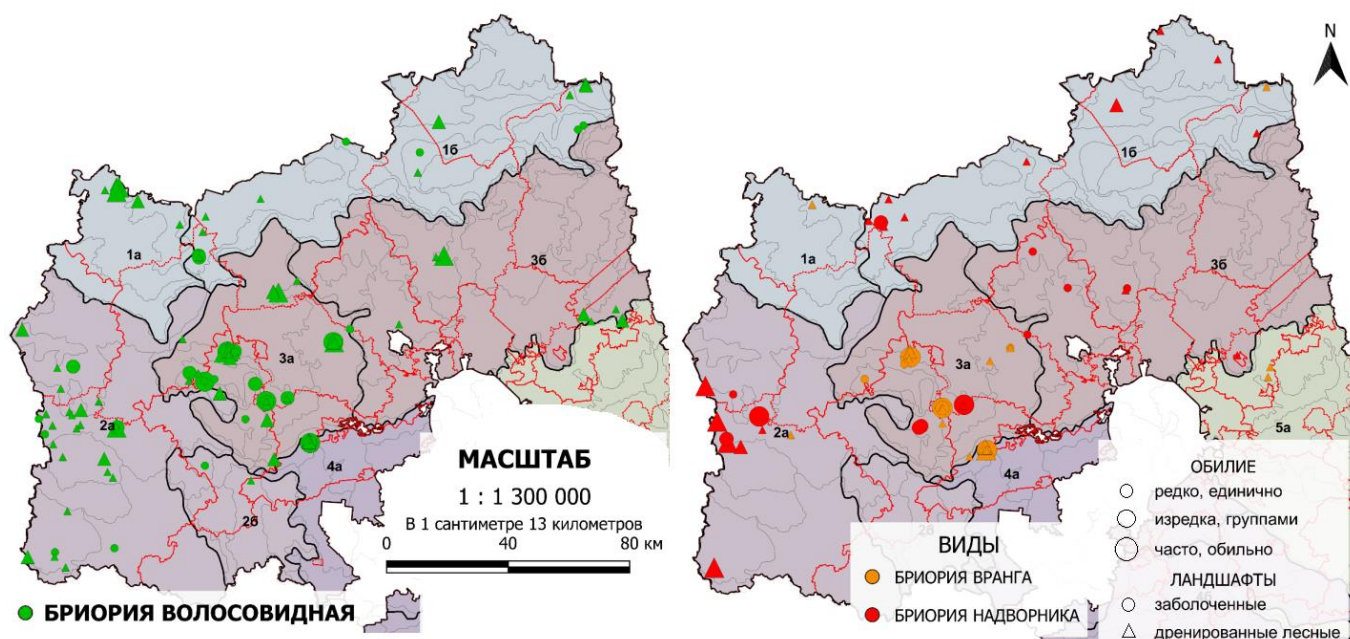


Рисунок 2. Распространение бриории волосовидной, б. Вранга и б. Надворника в Московской обл.

Охарактеризовано распространение лишайников, представлены сведения о современных находках с данными по обилию, встречаемости и видовому богатству видов четырех родов эпифитных кустистых лишайников в регионе, которые отражены на картосхемах (рис. 3).

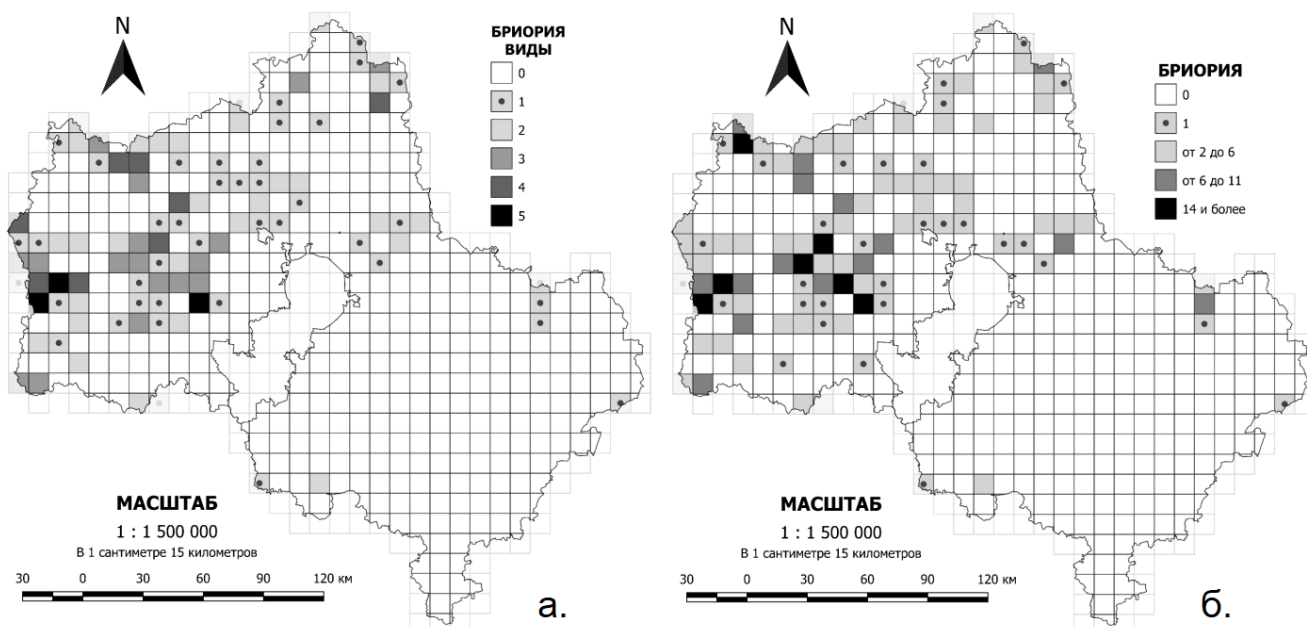


Рисунок 3. Видовое богатство (а) и встречаемость (б) находок рода *Bryoria* в Московской области.

Наличие эпифитных кустистых лишайников в сообществах служит показателем биоразнообразия, но также индикатором определенных экологических условий и выделения ценных фитоценозов.

В зоне широколиственно-хвойных лесов подтверждена приуроченность видов к участкам с повышенными показателями влажности местообитаний. Получены значимые климатические характеристики в точках находок (температура марта и мая, осадки марта и апреля). При распространении эпифитных лишайников *Anaptychia ciliaris*, *Usnea dasopoga*, *U. hirta* и *U. subfloridana* высока отрицательная связь с переменной расположения (удаленность и направление) по отношению к столице, по методу множественной линейной регрессии. Это говорит о высокой чувствительности данных видов к состоянию атмосферного воздуха.

Проанализирована приуроченность видов к форофитам в местообитаниях (рис. 4).

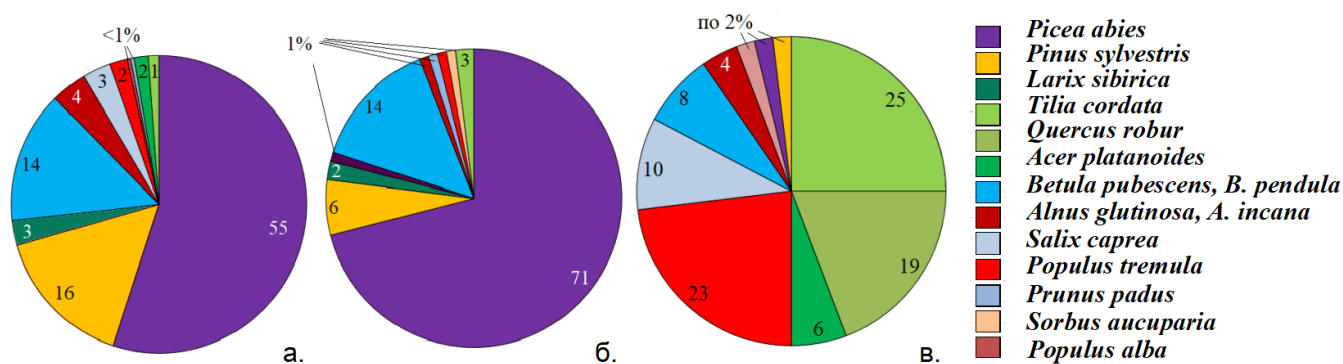


Рисунок 4. Находки видов *Usnea* (а), *Bryoria* (б) и *Ramalina* (в) на разных форофитах в Московской области.

Максимальное число находок всех видов (90%) отмечено в сырых и влажных старовозрастных и спелых малонарушенных лесах и сообществах с широким участием неморальных видов с длительной историей формирования (старых парках и усадьбах).

Виды бриории и уснеи произрастают в еловых и сосновых лесах: сосняки с елью и березой, местами с липой и дубом и лещиной, а также в ельниках с березой, осиной, сосной, местами сложных с дубом и липой. Примерно треть находок обнаружена в пределах болот, в основном переходных и их окраин, реже – верховых. Виды рамалин встречаются в сообществах с активным участием дуба, липы и клена (парки и усадьбы). Анаптихия реснитчатая связана с березово-осиновыми с елью, местами с дубом и липой лесами (на тополе серебристом, осине). Все перечисленные виды часто можно обнаружить в мелколиственных сырых и влажных лесах (ива козья, береза бородавчатая и б. пушистая, осина, ольха серая и о. черная) вблизи водных объектов.

Все изученные виды лишайников необходимо использовать для выявления особо ценных лесных экосистем и сохранения лишайниковоразнообразия региона. Были установлены **индикационные связи лишайников** с параметрами экосистем в разных растительных сообществах.

Есть виды с небольшим числом находок, низким и средним обилием, которые имеют положительную связь с характером растительности и параметрами экосистем (возрастом, составом и состоянием древостоя, гигротопом, удаленностью от источников атмосферного загрязнения) и, вероятно, в будущем (при наблюдении большего числа находок, увеличении обилия), их можно будет рассматривать как индикаторы (потенциальный экологический индикатор). Остальные виды лишайников либо представлены единичными находками, либо распределены относительно равномерно в пределах разных растительных сообществ с отличающимися параметрами (табл. 1).

Таблица 1. Индикационные свойства лишайников в лесных и других экосистемах

| | | Индикаторные свойства видов лишайников в экосистемах | Индексы экологических параметров сообществ |
|---------------|--|---|---|
| Индикаторы | | – вид предлагается рассматривать как надежный экологический индикатор : высокая доля находок приходится на данное сообщество – более 20%, обилие 2 и 3 (изредка, группами и(или) обильно, часто). | «с» – старовозрастность «м» – малонарушенность «в» – влажность (гигротоп: свежие, влажные и сырые леса) «н» – примесь неморальных видов в древостое (обычно старые липы, дубы, клены в пределах лесных и старых парковых насаждений) |
| | | – вид может рассматриваться как удовлетворительный экологический индикатор : доля находок значительна: от 10 до 20%, обилие 2 (изредка, группами). | «?» – индикационные связи установить не удалось (пример – высокое разнообразие местообитаний с контрастными условиями) |
| Не индикаторы | | – вид демонстрирует положительную связь с параметрами сообществ и, вероятно, в будущем (при наблюдении большего числа находок, увеличении обилия), сможет рассматриваться как <i>потенциальный экологический индикатор</i> (доля находок: от 5 до 10%, обилие 1 и 2 (изредка, группами)). | |
| | | – вид не демонстрирует устойчивых связей с фитоценозом и экологическими параметрами и не рассматривается в качестве индикатора (доля находок в сообществе менее 5%, количество находок единично, обилие 1 (единично, редко)) | |
| | | – вид, вероятно, был обнаружен случайно (завозные случаи), либо не подтверждена видовая принадлежность | |
| | | х | – вид не был обнаружен в пределах данных сообществ, связи не подтверждены |

Продолжение таблицы 1

| Лишайники | Местообитания в пределах экосистем* | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------|-------------------------------------|---|---|-------------|---|--------|---|--------|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 14 | 15 | 16 | 39 | 40 | 41 | |
| Род <i>Anaptychia</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>A. ciliaris</i> | С М В | | X | | X | X | X | С В | | X | | В | | X | X | | X | X | |
| Род <i>Bryoria</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>B. capillaris</i> | С М В | | | М В | | | X | В | X | X | | В | | X | X | X | X | X | |
| <i>B. fremontia</i> | X | X | X | X | X | X | X | | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | |
| <i>B. fuscescens</i> | С М В | | | М В | | | X | В | X | | | В | | | | | X | | |
| <i>B. implexa</i> | С М В | В | | М В | X | X | X | | X | X | X | В | X | | X | X | X | X | |
| <i>B. nadvornikiana</i> | С М В | | | М В | X | X | X | В | X | X | X | | X | X | X | X | X | X | |
| <i>B. osteola</i> | X | X | X | | X | X | X | | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | |
| <i>B. simplicior</i> | | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | |
| <i>B. vrangiana</i> | С В | X | | С В | X | | X | В | X | X | X | | X | X | X | X | X | X | |
| Род <i>Ramalina</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>R. baltica</i> | | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | |
| <i>R. calicaris</i> | | X | X | | X | X | X | X | X | X | X | | X | X | X | X | | | |
| <i>R. dilacerata</i> | X | X | | X | X | X | X | X | X | X | X | X | | X | X | X | X | X | |
| <i>R. europaea</i> | С В Н | | | | | | X | | | | | X | В | X | X | X | | | |
| <i>R. farinacea</i> | С В Н | X | | С В Н | X | | X | В Н | | | | В | | X | X | X | X | X | |
| <i>R. fraxinea</i> | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | | X | X | X | X | X | X | |
| <i>R. pollinaria</i> | | | | | X | С Н | X | В Н | X | X | X | В | В | X | X | X | X | X | |
| Род <i>Usnea</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>U. dasopoga</i> | С В | | | С В | | | X | С В | X | X | | | | X | X | X | | X | |
| <i>U. florida</i> | X | X | X | X | X | X | X | | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | |
| <i>U. glabrata</i> | X | | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | |
| <i>U. glabrescens</i> | ? | | | ? | | X | X | | | | | | X | X | X | X | X | X | |
| <i>U. hirta</i> | С М В | | | С В | | | | В | | | | В | X | X | X | X | | | |
| <i>U. perplexans</i> | | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | | X | X | X | X | X | X | |
| <i>U. subfloridana</i> | В ? | | | В ? | | | X | В ? | X | X | | | | X | X | X | X | | |

*Примечание: 1. Ельники с березой, осинкой, сосной, местами с дубом и липой. 2. Елово-мелколиственные. 3. Сосново-еловые. 4. Сосняки с елью и березой, местами с липой и дубом и лещиной. 5. Дубняки с липой, елью и березой. 6. Липняки с дубом, местами с елью и березой. 7. Широколиственно-еловые. 8. Березово-осиновые с елью и осинкой, местами с дубом и липой. 9. Осинники с елью и дубом. 10. Сероольшаники. 11. Черноольшаники. 12. Мелколиственная поросль (подрост ивы, березы). 13. Вырубка. 14. Луга. 15. Открытые заболоченные местообитания. 16. Ивняки. 39. Селитебная зона (населенные пункты, садовые участки). 40. Водные объекты. 41. Сельскохозяйственные угодья (сеяные луга, пастбища, участки фермерских хозяйств) (по: Chernenkova et al., 2019).

Изменения экосистем под влиянием трансформации среды (осушение, рубки, строительная деятельность, изменение состава воздуха) и исчезновения условий, благоприятных для существования лишайников с узкой экологической амплитудой, являются серьезной проблемой и одновременно природоохранной задачей по сохранению биоразнообразия. Мы предлагаем использовать индикационные свойства видов для сохранения наиболее редко встречающихся и уязвимых представителей лишайнобиоты МО в рамках экосистемного подхода, как связи видов с конкретными параметрами экосистем, и принимать его во внимание в том числе при обосновании создания ООПТ.

Участки с наибольшими значениями видового богатства, рассчитанные на основе моделирования пригодных местообитаний для всех изученных видов требуют особого внимания при организации мониторинга и рассмотрении вопроса об учреждении новых или пересмотре границ в пределах существующих ООПТ (рис. 5).

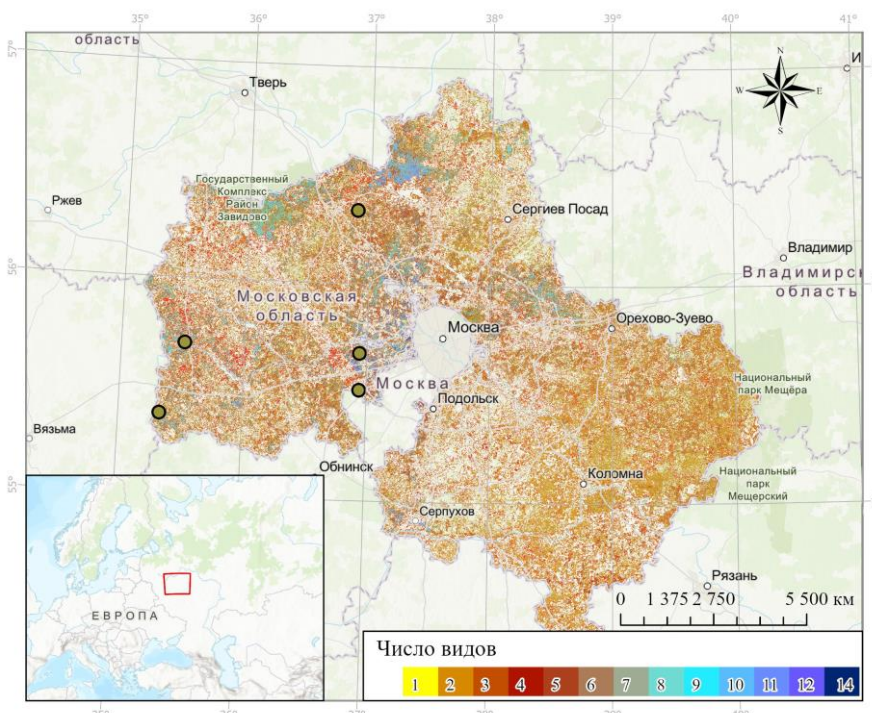


Рисунок 5. Видовое богатство родов *Anaptychia*, *Bryoria*, *Ramalina* и *Usnea* в Московской области (точками отмечены местообитания, потенциально пригодные для наибольшего количества видов).

Охрана редких эпифитных кустистых лишайников. Перечень охраняемых видов лишайников МО включает 40 видов из 15 родов и 7 семейств («О внесении изменений...», 2018). В первое издание (1998) Красной книги (Кк) МО вошли 24 вида лишайников, притом только два из четырех родов, представленных в данном исследовании: уснея и рамалина («Список охраняемых...», 1998). Во 2-м издании Кк МО (2008) в список было внесено 37 видов лишайников, перечень увеличился на 14 видов.

В действующем издании Кк МО (2018) статус многих отмеченных в области ранее видов, в связи с большим числом новых находок по региону, был ослаблен (переведен из II в III категорию). Во время участия в подготовке 3-го издания Кк МО (2018), нами было предложено пересмотреть статусы охраны и количество охраняемых видов лишайников. В список вошел новый род (*Bryoria*) – 8 видов. Для *бриории Вранга* и *рамалины балтийской*, обнаруженных в регионе в последние 20 лет, было рекомендовано установить категорию IV редкости (неопределенный статус). Нами выделена группа видов, встречаемость которых ограничена единичными находками с малым обилием (*бриория пепельная*, *б. простая*, *рамалина ясенева*, *уснея лапландская*, *у. оголяющаяся*). Данным видам рекомендовано установить категории I и II редкости. *Бриорию Фремонта* предложено перевести из категории I в категорию «исчезнувших» (вид, случайно занесенный с лесокультурой). *Бриорию мелковилячатую*, зарегистрированную в 2023 г. впервые (уже после выхода последнего издания Кк МО), предлагается включить в Красную книгу МО.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Наиболее благоприятные условия для развития и распространения лишайников всех рассматриваемых нами групп складываются в Верхне-Волжской, Смоленской и Московской физико-географических провинциях, в Лотошинско-Талдомском и Можайско-Загорском геоботанических округах – около 80 % находок видов бриории и уснеи, 70% видов рамалины и до 78% находок анаптихии реснитчатой, с высокими показателями обилия и встречаемости в сообществах (от 5 до 20 экз./ 1 км²).

2. Исследованные лишайники предпочитают малонарушенные местообитания с высокими показателями влагообеспеченности и удаленные от объектов с высокой степенью антропогенной нарушенности, среди которых выделяются: крупные массивы сохранившихся старовозрастных влажных лесов (хвойно-широколиственные леса); прибрежные части водных объектов, включая небольшие пруды и обводненные каналы (мелколиственные леса и заросли); водно-болотные угодья (березово-сосновые и елово-березовые леса) – 80% находок всех видов приходится на перечисленные сообщества.

3. Виды родов бриория и уснея тяготеют к еловым, сосново- и березово-еловым лесам, виды уснеи часто отмечаются по окраинам переходных мелколиственно-сосновых болот, виды рамалины предпочитают влажные субнеморальные дубово-еловые и мелколиственно-еловые с участием широколиственных пород леса, елово-березовые и мелколиственные леса, а также лесные сообщества старых парков и усадеб (с высокой долей участия неморальных видов древостоя). *Анаптихия реснитчатая* селится по опушкам полей в

сырых мелколиственно-еловых и березово-осиновых лесах. Редкие и единичные находки изученных видов в юго-восточной части региона связаны с отдельно стоящими старыми березами. Единичные находки изученных видов во многих биотопах на юго-востоке региона обнаружены на отдельно стоящих старых деревьях, на прикомлевой зоне ствола.

4. Все 23 изученных вида эпифитных кустистых лишайников являются стенобионтами в Московской области и необходима организация их охраны. Для группы самых редких видов (*бриория Надворника*, *б. пепельная*, *б. простая*, *рамалина ясеневая*, *уснея сомнительная (лапландская)*, *у. оголяющаяся*), встречаемость которых ограничена единичными находками, рекомендуется сохранить категории I и II в региональной Красной книге. *Бриорию Фремонта* необходимо перевести в категорию «исчезнувшие». Для *бриории Вранга* и *рамалины балтийской*, обнаруженных в регионе в последние 20 лет, предлагается установить категорию IV (неопределенный статус). *Бриорию мелковильчатую*, зарегистрированную нами в 2023 г. впервые, предлагается включить в Красную книгу МО.

5. Ряд изученных видов (*бриория буроватая*, *б. волосовидная* и др.) можно использовать для оценки возраста и состава древостоя, влажности и степени антропогенной нарушенности фитоценозов. Применение лишеноиндикации позволяет выявить для каждого вида наиболее ценные с природоохранной точки зрения местообитания (растительные сообщества с определенной структурой и возрастом древостоя, высокими показателями увлажнения, низким загрязнением воздуха), охрана которых позволит обеспечить сохранение наиболее редко встречающихся и уязвимых представителей лишенобиоты Московской области. Этот подход необходимо использовать при обосновании создания ООПТ.

Благодарности

Посвящается памяти мудрого и чуткого наставника, идейного вдохновителя данного исследования – Елене Германовне Суловой

Автор сердечно благодарит научного руководителя, д.б.н., проф. Алексея Владимировича Боброва и коллектив кафедры биогеографии за содействие и поддержку, сотрудников природоохранного фонда «Верховье», совместно с которыми проводилось обследование Московской области, в частности, д.б.н. Татьяну Юрьевну Толпышеву (МГУ имени М.В. Ломоносова), которой проведены определения ряда образцов лишайников. Отдельную благодарность автор выражает научному консультанту, д.б.н. Евгении Эдуардовне Мучник (Институт лесоведения РАН), за обучение навыкам идентификации лишайников, помощь в

отборе литературы и подробные консультации по содержанию работы. Автор выражает глубокую признательность коллегам д.б.н. Рустаму Хаталиевичу Пшегусову и Сергею Михайловичу Шадчинову за помощь в работе с GIS-пакетами, а также к.г.н. Надежде Георгиевне Беляевой, к.г.н. Максиму Викторовичу Бочарникову, к.б.н. Ивану Павловичу Котлову и д.б.н. Татьяне Владимировне Черненкоковой за проявленный интерес к данной теме и консультации на инструментально-аналитическом этапе.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в рецензируемых научных изданиях, индексируемых в базе ядра Российского индекса научного цитирования «eLibrary Science Index»:

1. Чернядьева И.В., Коткова В.М., Землянская И.В., Новожилов Ю.К., Власенко А.В., Власенко В.А., Благовещенская Е.Ю., Георгиева М.Л., Нотов А.А., Гимельбрант Д.Е., Мучник Е.Э., Урбанавичене И.Н., **Аристархова Е.А.**, Бочарников М.В., Исмаилов А.Б. Новые находки водорослей, грибов, лишайников и мохообразных. 2. // Новости систематики низших растений. 2018. Т. 52, № 1, С. 209–223. EDN: VZLFLV (Импакт-фактор 0,77 (РИНЦ); 0,75 п.л.; вклад автора 10%).
2. **Аристархова Е.А.**, Сулова Е.Г., Шадчинов С.М. Разнообразие и распространение лишайников рода бриория (*Bryoria*) в Московской области // Вестник Московского университета. Серия 5. География. 2020. № 5, С. 88–97. EDN: OWLNJI (Импакт-фактор 0,25 (SJR); 0,75 п.л.; вклад автора 90%).
3. **Аристархова Е.А.**, Сулова Е.Г., Шадчинов С.М. Использование метода сеточного картографирования для изучения распространения лишайников рода уснея на примере Подмосковья // Географический вестник. 2022. № 2, С. 123–138. EDN: BUKVHN (Импакт-фактор 1,38 (РИНЦ); 1,88 п.л.; вклад автора 85%).
4. Chernenkova T.V., Belyaeva N.G., Suslova E.G., **Aristarkhova E.A.**, Kotlov I.P. Patterns of the red-listed epiphytic species distribution in coniferous-deciduous forests of the Moscow Region // Geography, Environment, Sustainability. 2023. Vol. 16, № 1, P. 119–131. EDN: UTIOAP (Импакт-фактор 0,32 (SJR); 0,75 п.л.; вклад автора 20%).

Публикации в других научных изданиях по теме диссертации:

5. **Аристархова Е.А.**, Мучник Е.Э., Пасхина А.А., Сулова Е.Г., Черепенина Д.А. Современное распространение рамалины европейской (*Ramalina europaea*) в Московском регионе // Теоретические и прикладные проблемы ландшафтной географии. VII Мильковские чтения: материалы XIV Международной ландшафтной конференции (г.

Воронеж, 17–21 мая 2023 г.): в 2-х томах / отв. ред.: А. С. Горбунов, А. В. Хорошев, О. П. Быковская. Т. 2. Воронеж: Издательский дом ВГУ, 2023. С. 24–27. EDN: GMRJLA (0,3 п.л.; вклад автора 30%).

6. **Аристархова Е.А.**, Сулова Е.Г. Распространение и экология редких эпифитных лишайников в Московской области // Биogeография: материалы Московского городского отделения Русского географического общества. Москва: ЭЙПиСиПабблишинг, 2023. Вып. 22. С. 61–75. (0,87 п.л.; вклад автора 60%).

7. **Аристархова Е.А.**, Сулова Е.Г. Редкие эпифитные лишайники в растительных сообществах нарушенных территорий и их применение в биоиндикации на примере Московской области // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии, 2020. Т. 19, № 2. С. 177–183. EDN: AINDSZ (0,43 п.л.; вклад автора 70%).

8. **Аристархова Е.А.**, Сулова Е.Г. Род *Bryoria* Brodo & Hawksw. в Московской области // Биоразнообразии: подходы к изучению и сохранению: материалы Международной научной конференции, посвященной 100-летию кафедры ботаники Тверского государственного университета (г. Тверь, 8–11 ноября 2017 г.). Тверь: Твер. гос. ун-т, 2017. С. 25–28. EDN: YLMKYU (0,3 п.л.; вклад автора 70%).

9. **Aristarkhova E.** The lichen indication value in the evaluation of environmental risks // Environmental Risks for Socioeconomic Development: Proceedings of the 3-rd Russian-Japanese (2-nd STEPS) Collaboration Seminar for Sustainable Environment / Ed. by K. Hatoyama, Yu. L. Mazurov. M.: MSU Publishers, 2018. P. 230–236. (0,37 п.л.; вклад автора 80%).