

## Редкие эпифитные лишайники в растительных сообществах нарушенных территорий и их применение в биоиндикации на примере Московской области

### Rare epiphytic lichens in phytocenoses of anthropogenic disturbed territories and their application in bioindication (Moscow region)

Аристархова Е. А., Сулова Е. Г.

Aristarkhova E. A., Suslova E. G.

Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, г. Москва, Россия.

E-mails: Kattariss@yandex.ru; lena\_susl@mail.ru

Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

**Реферат.** В статье проанализированы экология и распространение видов родов: *Bryoria* Brodo et D. Hawksw., *Ramalina* Ach., *Usnea* Dill. ex Adans., встречающихся в регионе и занесенных в Красную книгу Московской области (2018). В основу легли литературные материалы и данные мониторинга, проводимого нами в составе Природоохранного фонда «Верховье» в 2010–2019 гг.

В период с 1906 по 1995 г. для Московской области приводили большее, чем в настоящее время число видов р. *Ramalina*, а часть находок р. *Usnea* были сделаны непосредственно на окраине г. Москвы и в ближнем Подмоскowie, при этом распространение видов р. *Bryoria* было не изучено. В настоящее время наиболее благоприятные условия для развития лишайников складываются на севере, западе и северо-западе Подмоскowie, здесь отмечено наибольшее количество находок различных видов с максимальным обилием. На юго-востоке их расселению препятствуют, вероятно, запыленность, повышенная сухость воздуха и наличие вредных соединений в атмосфере. В своем распространении лишайники предпочитают малонарушенные местообитания с высокой влажностью и минимальным загрязнением воздушной среды: крупные фрагменты сохранившихся охраняемых в Московской области старовозрастных лесов (еловых и елово-мелколиственных), заболоченные леса и лесные болота.

По наиболее распространенным видам с высоким обилием (*Bryoria fuscescens* (Gyeln.) Brodo et D. Hawksw. и *B. capillaris* (Ach.) Brodo et D. Hawksw., *Usnea hirta* (L.) Weber ex F. H. Wigg. и др.) можно отследить динамику изменений среды. Самым редким видам рекомендуется сохранить 1–2 категорию в Красной книге Московской области (*Bryoria nadvornikiana* (Gyeln.) Brodo et D. Hawksw., *B. vrangiana* (Gyeln.) Brodo et D. Hawksw., *B. osteola* (Gyeln.) Brodo et D. Hawksw., *Usnea lapponica* Vain. и др.).

**Ключевые слова.** Биоиндикация, картосхемы распространения, Красная книга Московской области, редкие виды, эпифитные лишайники.

**Summary.** The article analyzes the ecology and distribution of species of genera: *Bryoria* Brodo et D. Hawksw., *Ramalina* Ach., *Usnea* Dill. ex Adans., found in Moscow region and listed in the red book of the region (2018). It is based on literature materials and monitoring data that we conducted as part of the «Verkhovye» Nature protection Fund in 2010–2019.

In the period from 1906 to 1995, a greater number of *Ramalina* species were cited for Moscow region than at present, some of the finds of *Usnea* species were made on the outskirts of Moscow and in the near Moscow region, meanwhile the distribution of genus *Bryoria* was not studied. Currently, the most favorable conditions for the development of lichens are formed in the North, West and North-West of the Moscow region, where the largest number of finds of various species with maximum abundance is noted. In the South-east, their settlement is probably hindered by dust, increased dryness of the air and the presence of harmful compounds in the atmosphere. In their distribution, lichens prefer intact habitats with high humidity and minimal air pollution: large fragments of preserved protected old-growth forests (spruce and spruce-small-leaved), swampy forests and forest swamps.

For the most common species with a high abundance (*Bryoria fuscescens* (Gyeln.) Brodo et D. Hawksw. и *B. capillaris* (Ach.) Brodo et D. Hawksw., *Usnea hirta* (L.) Weber ex F. H. Wigg. и др.), it is possible to track the dynamics of changes in the environment. The rarest species are recommended to keep category 1–2 in the Red book of the Moscow

region (*Bryoria nadvornikiana* (Gyeln.) Brodo et D. Hawksw., *B. vrangiana* (Gyeln.) Brodo et D. Hawksw., *B. osteola* (Gyeln.) Brodo et D. Hawksw., *Usnea lapponica* Vain. и др.).

**Key words.** Bioindication, distribution maps, epiphytic lichens, rare species, Red book of the Moscow region.

Антропогенные зоны оказывают при определенной конфигурации розы ветров существенное влияние и на соседние территории, например, пригороды, а в случае с крупнейшими мегаполисами, на соседние регионы с сохранившейся здесь растительностью, наличием природных комплексов на разных стадиях восстановления и наименее нарушенных участков – особо охраняемых природных территорий (далее – ООПТ). Наглядным примером может служить столичный регион. Московская область, находясь в непосредственной близости от Москвы, и пронизанная ей с юго-запада к северо-востоку, принимает на себя значительный объем загрязняющих веществ, в результате попадания в атмосферу вредных выбросов (The World Air Quality..., <https://aqicn.org/city/moscow/>).

Цель работы – оценка перспектив применения редких кустистых лишайников-эпифитов в биоиндикации и охране природы, выявление приуроченности видов к определенным местообитаниям, обоснование топологии распространения, оценка динамики их обилия и встречаемости в Московской области в связи с экологическими изменениями в регионе.

В ходе исследования были проанализированы экология и распространение видов родов: *Bryoria* Brodo et D. Hawksw. (Hawksworth, 2019), *Ramalina* Ach., *Usnea* Dill. ex Adans. (Мучник и др., 2011;), встречающихся в Московской области (далее – МО) и занесенных в Красную книгу (далее – Кк) МО (Красная книга..., 2008, 2018). В основу легли литературные данные, картографические материалы (Экологические карты ..., 1995, 1996, 1999) и результаты мониторинга, проводимого нами в составе Природоохранного фонда «Верховье» в 2010–2019 гг. Обследование проводилось маршрутным методом по территории всей МО. Наиболее полно изучены леса и лесные болота ООПТ Подмосковья (Толпышева и др., 2017). Лишайники собирались с нижних доступных частей кроны или стволов на высоте 2–5 м и с валежных деревьев.

Сборы сопровождаются данными по месту находки: GPS-координаты, географическая привязка, фитоценоз, древесная порода (субстрат), место прикрепления (ветки, ствол) и обилие. Шкала обилия оценки лишайников на площади 1 км<sup>2</sup> была выработана на основе экспертной оценки: 1 – редко единично, 2 – изредка группами, 3 – часто обильно. Для характеристики распространения изучаемых видов, в том числе наиболее редких, занесенных в Кк МО (2018) была создана сводная таблица, на ее основе в течение последних лет ведется база данных эпифитных лишайников «Верховье». В программном пакете «Quantum GIS 3.8» построена серия картосхем, демонстрирующих их распространение в регионе.

В период с начала XX в. до 1995 г. для МО приводили большее, чем в настоящее время число видов рода *Ramalina* (рис. 1), а часть находок р. *Usnea* были сделаны на окраине г. Москвы и в ближнем Подмосковье, биогеография р. *Bryoria* была не изучена (Еленкин, 1906; Голубкова, 1966, 1996; Бязров, 2009). С 2010 по 2019 гг. число находок возросло (Сулова, Толпышева и др., 2017; Толпышева и др., 2017). За этот период с территории МО нами было собрано более 900 образцов эпифитных лишайников. Анализ гербарных сборов показал, что в настоящее время здесь встречается восемь видов р. *Bryoria*, шесть видов р. *Usnea* и шесть видов р. *Ramalina*. Представители данных групп тяготеют в своем распространении к районам запада, северо-запада и севера региона, где отмечено наибольшее число находок и обилие, а также размещены точки, в которых встречается одновременно несколько видов (в т. ч. разных родов). Данные территории относятся к Верхне-Волжской, Смоленской и Московской физико-географическим провинциям, Можайско-Загорскому и Лотошинско-Талдомскому геоботаническим округам (Петров, 1968; Анненская и др., 1997).

Подавляющая часть сборов приходится на виды: *Usnea dasypoga* (Ach.) Shirley, *U. hirta* (L.) Weber ex F. H. Wigg., *U. subfloridana* Stirt., *Bryoria fuscescens* (Gyeln.) Brodo et D. Hawksw., *B. capillaris* (Ach.) Brodo et D. Hawksw., *B. implexa* (Hoffm.) Brodo et D. Hawksw. и *Ramalina fraxinea* (L.) Ach. Распространение видов ограничено вблизи столицы и к востоку, юго-востоку от нее, что связано с преобладанием ветров западного румба и с более сухим воздухом на востоке Подмосковья (Мячкова, Соро-

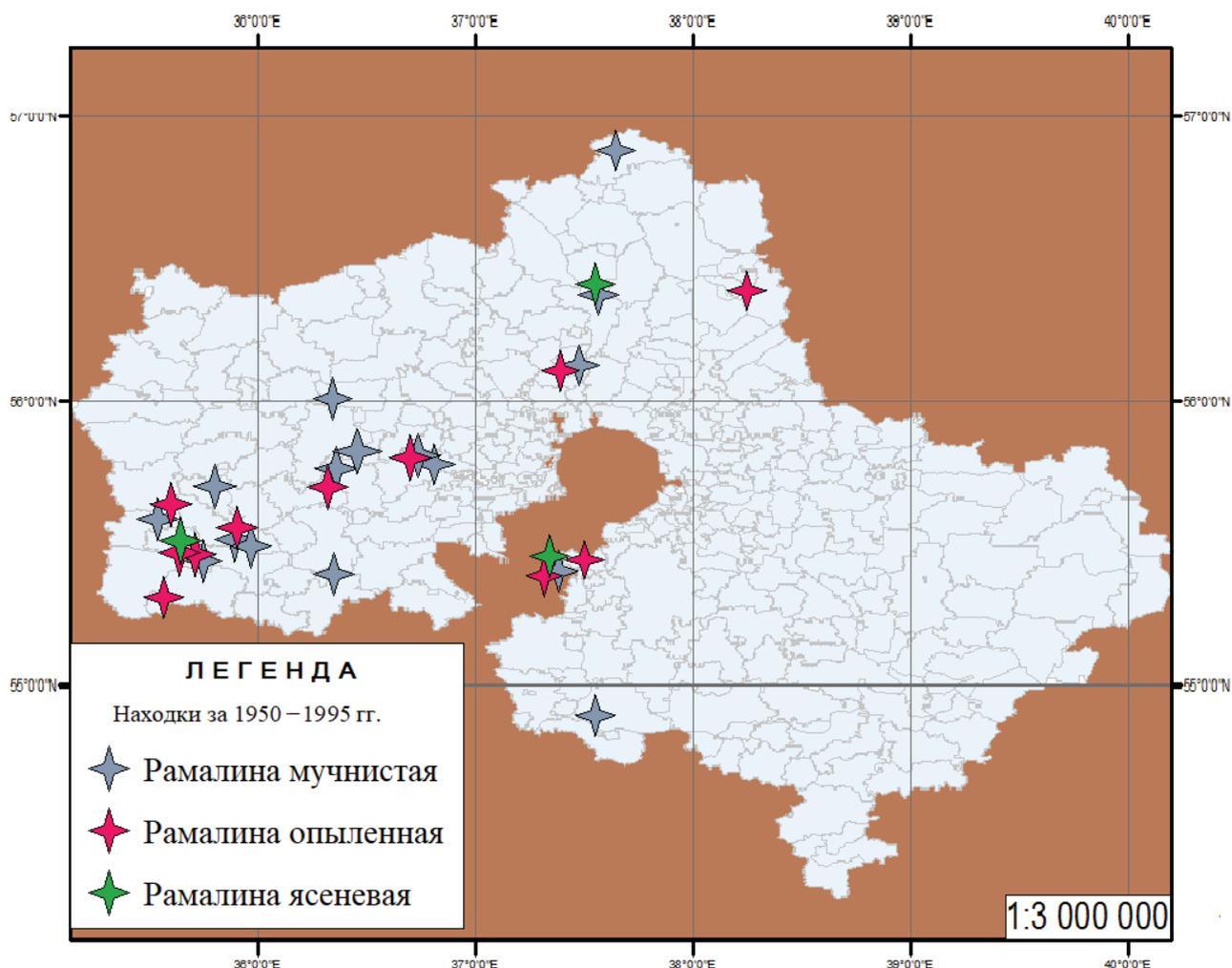


Рис. 1. Распространение видов рода *Ramalina* в Московской области (1950–1995 гг.).

кина, 1991) в сосняках и на верховых и переходных болотах на песках, т.к. для эпифитов, получающих основное питание из атмосферы и коры, большое значение имеет характер увлажнения местообитания (Тарасова, 2017). На их распространение оказывают влияние также нарушение потенциально пригодных для лишайников лесных и лесо-болотных экосистем (Мучник и др., 2011).

Представители рода бриория – р. *Bryoria* Brodo., предпочитают селиться на елях, реже отмечаются на сосне и березе (рис. 2). Они широко встречаются в малонарушенных лесах, обычно старовозрастных ельниках и мелколиственно-еловых лесах, на переходных хвойных и мелколиственно-хвойных болотах и участках лесных сосновых и елово-сосновых болот, а также в мелколиственных лесных формациях. Здесь же, в условиях достаточной влажности воздуха, отмечается их максимальное обилие. Наиболее благоприятные местообитания для развития лишайников находятся в пределах и вблизи границ ООПТ (Мучник, Черепенина, 2017, 2018; Нотов, 2010; Нотов и др., 2018). Лишайники рода уснея стремятся заселять хвойные породы, часто обильно растут на сосне, появляются на березе, ольхе и иве. Наиболее типичные биотопы приурочены к влажным субнеморальным ельникам, а также сосново-еловым и березово-еловым лесам, наибольшее обилие видов по окраинам верховых и переходных болот (на соснах и березах). Уснея почти цветущая (*Usnea subfloridana* Stirt.) встречается более разрозненно, часто единичными талломами (рис. 3). Интерес представляет разнообразие пород деревьев, на которых встречен вид; хотя на ель и сосну приходится  $\frac{1}{2}$  всех находок вида, экземпляры были обнаружены еще на шести породах (лиственнице, березе, ольхе черной, иве козьей и даже на клене, липе). Рамалины (р. *Ramalina*) тяготеют к более дренированным участкам, чем вышеописанные группы и развиваются пре-

имущественно на широколиственных деревьях во влажных субнеморальных мелколиственно-еловых лесах, часто с активным участием широколиственных пород в составе сообществ. Рамалина мучнистая (*Ramalina farinacea* L. (Ach.)) чаще всего встречается в светлых, влажных березово-осиновых лесах и субнеморальных ельниках с примесью березы, ивы, осины и часто подростом клена и липы, встречается по заболоченным мелколиственным зарослям и на влажных и сырых прогалинах. Рамалины нередко отмечаются в старых парках, кладбищах, по аллеям и лесополосам (посадкам лесокультур), где сохраняются старые деревья. В настоящее время предполагается работа по ревизии собранных за несколько лет материалов и более старых сборов в гербарии Московского университета (MW), что связано с выделением из группы *R. pollinaria* (Westr.) Ach., самостоятельного вида – *R. europaea* Gasparyan, Sipman et Lücking sp. nov. (Gasparyan et al., 2017).

## Находки бриории на древесных породах (%)



Рис. 2. Доля находок видов рода *Bryoria* на различном древесном субстрате.

Наиболее редкими и чувствительными лишайниками можно считать: *Bryoria vrangiana* (Gyeln.) Brodo et D. Hawksw., *B. nadvornikiana* (Gyeln.) Brodo et D. Hawksw., *B. osteola* (Gyeln.) Brodo et D. Hawksw., *B. simplicior* (Vain.) Brodo et D. Hawksw. (Boluda et al., 2019), наиболее редкие виды р. *Usnea*: *U. glabrata* (Ach.) Vain., *U. lapponica* Vain. Эти виды отмечены только в старовозрастных сырых и влажных еловых и елово-мелколиственных лесах, окраинах переходных и верховых болот в западных и северо-западных районах области (Чернядьева и др., 2018). Редкие виды рамалин (*Ramalina pollinaria*, *R. baltica* Lettau.) различны по своим экологическим особенностям и приуроченности к типам лесных сообществ в МО (рис. 4). Топология находок редких видов позволяет заключить, что они наименее устойчивы к загрязнению атмосферы и чувствительны к пониженной влажности и запыленности воздуха в местообитаниях и, в отличие от более широко распространенных представителей рассматриваемых родов, не обитают в центральных районах области с более плотной застройкой вблизи от столицы и крупных автомагистралей.

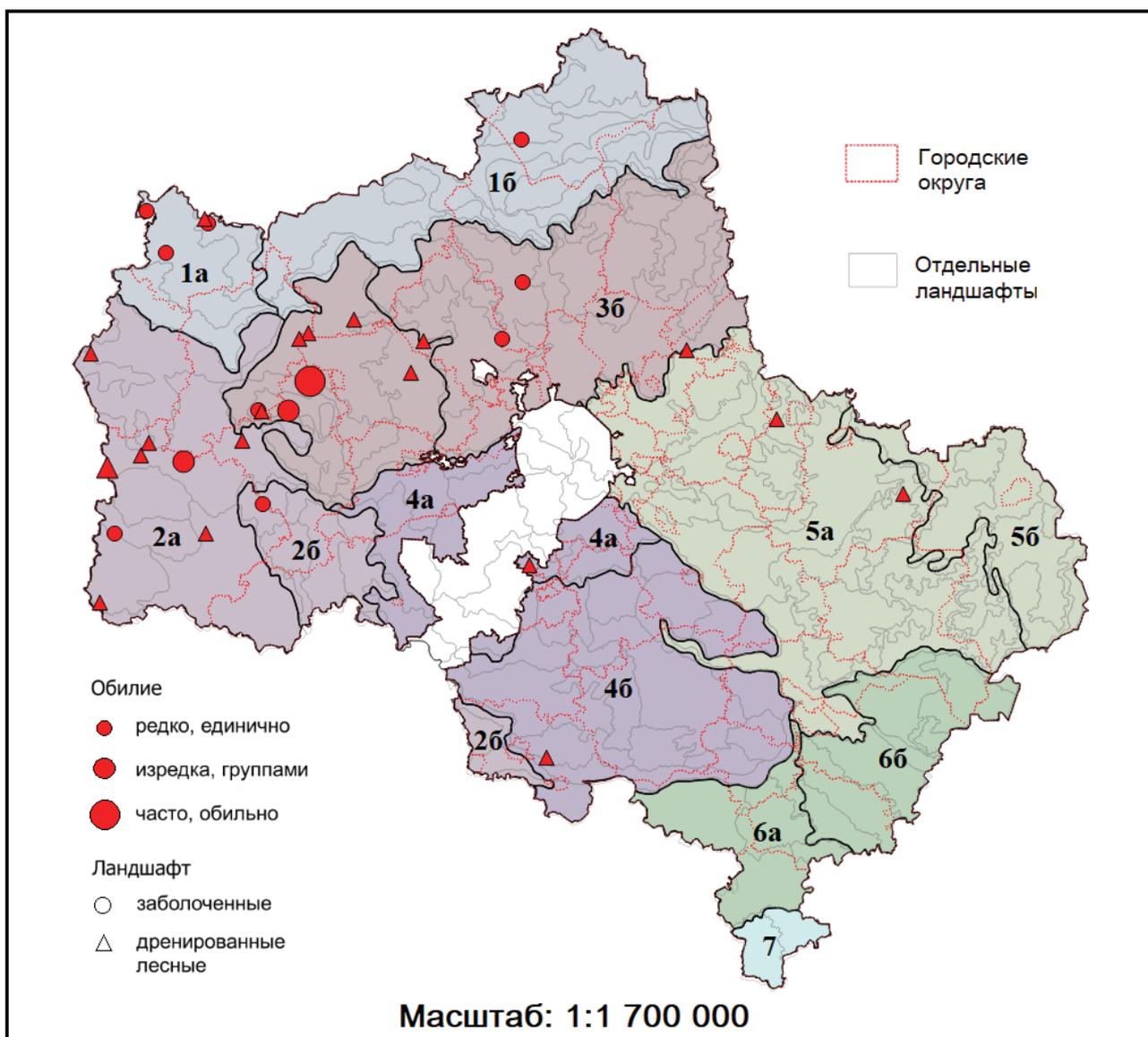


Рис. 3. Распространение *Usnea subfloridana* Stirt. в Московской области (2008–2020 гг.). Условные обозначения: провинции: 1 – Верхне-Волжская; 2 – Смоленская; 3 – Московская; 4 – Москворецко-Окская (районы: а – южный; б – северный); 5 – Мещерская; 6 – Заокская; 7 – Среднерусская (районы: а – западный; б – восточный (кроме 4)).

Таким образом, мы отмечаем, что большинство находок связано со старовозрастными и спелыми влажными лесами. Видовое разнообразие и обилие лишайников увеличивается в сообществах по берегам водохранилищ, рек, озер и обводненных болот. Среди лишайников-эпифитов все группы оказались в той или иной степени зависимы от экологической обстановки в регионе (наличия локального, линейного и площадного загрязнения). На распространение видов оказывает влияние также сухость местообитаний и запыление. Можно заключить о целесообразности применения редких кустистых лишайников-эпифитов в качестве биоиндикаторов изменения среды (Горшков, (Горшков, 1990; Инсаров и др., 2010; Herzig et al., 1987; Wirth, 1991; Dobson, 2011; Myllys et al., 2011). По наиболее распространенным видам с высоким обилием (*Bryoria fuscescens* и *B. capillaris*, *Usnea hirta* и др.) можно отследить динамику данных изменений. Самым редким видам рекомендуем сохранить 1–2 категорию в следующем издании Кк МО (*B. nadvornikiana*, *B. vrangiana*, *B. osteola*, *U. lapponica* и др.) и продолжить мониторинг. Также существуют перспективы сравнительного анализа биогеографии и экологии лишайников в сходных условиях близости к крупным городам и агломерациям.

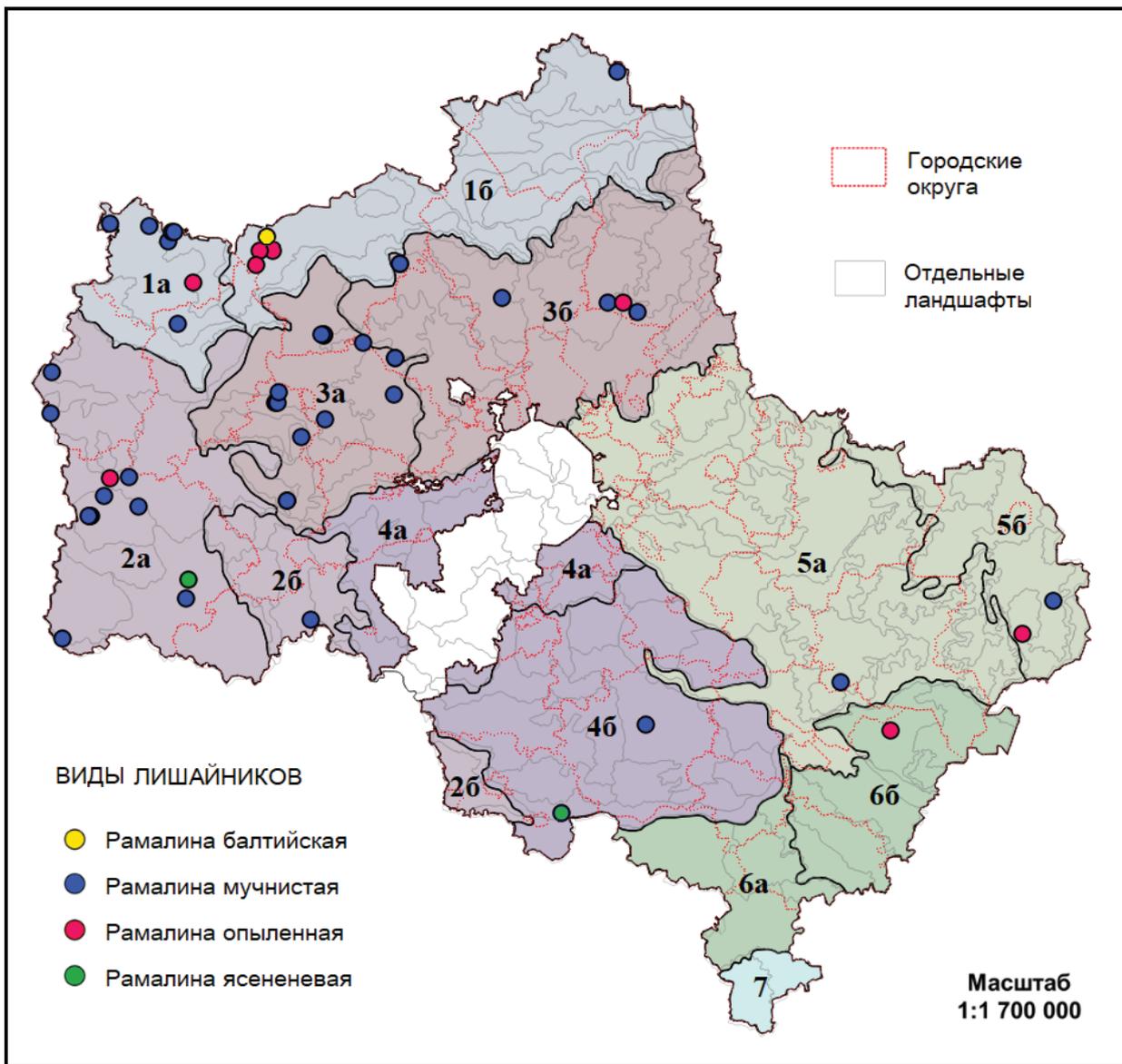


Рис. 4. Распространение видов рода *Ramalina* в Московской области (2008–2020 гг.). Условные обозначения: провинции: 1 – Верхне-Волжская; 2 – Смоленская; 3 – Московская; 4 – Москворецко-Окская (районы: а – южный; б – северный); 5 – Мещерская; 6 – Заокская; 7 – Среднерусская (районы: а – западный; б – восточный (кроме 4)).

**Благодарности.** Авторы выражают искреннюю благодарность ПФ «Верховье» за предоставленные материалы, д. б. н. Е. Э. Мучник, д. б. н. и Т. Ю. Толпышевой (Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова), а также к. б. н. И. Н. Урбанавичене (Ботанический институт им. В. Л. Комарова (БИН) РАН) за помощь в определении образцов лишайников, в т. ч. нуждающихся в дополнительной проверке и подтверждении на основании анализа вторичных метаболитов методом тонкослойной хроматографии (TLC). Благодарим коллектив сотрудников Лаборатории лишайнологии и бриологии БИН РАН за предоставленную возможность работы в гербарии LE-L.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Анненская Г. Н., Жучкова В. К., Калинина В. Р., Мамай И. И., Низовцев В. А., Хрусталева М. А., Цесельчук Ю. Н. Ландшафты Московской области и их современное состояние. – Смоленск: СГУ, 1997. –296 с.
- Бязров Л. Г. Видовой состав лишайнобиоты Московской области. Версия 2, 2009. – М.: ИПЭЭ имени А. Н. Северцова. URL: [http://www.sevin.ru/laboratories/biazrov\\_msk.html](http://www.sevin.ru/laboratories/biazrov_msk.html) (дата обращения: 10.02.2020).

- Голубкова Н. С.** Определитель лишайников Средней полосы Европейской части СССР. – М.–Л.: Наука, 1966. – 256 с.
- Голубкова Н. С.** Определитель лишайников России. – Вып. 6. – СПб., 1996. – С. 18–32.
- Горшков В. В.** Влияние атмосферного загрязнения окислами серы на эпифитный лишайниковый покров северо-таежных лесов // Лесные экосистемы и атмосферное загрязнение. – Л.: Наука, 1990. – С. 144–159.
- Еленкин А. А.** Флора лишайников Средней России. – Ч. 1. – Юрьев: типография К. Маттисена, 1906. – 184 с.
- Инсаров Г. Э., Мучник Е. Э., Инсарова И. Д.** Эпифитные лишайники в условиях загрязнения атмосферы Москвы: методология долговременного мониторинга // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. – Т. 23. – М.: ИГКЭ, 2010. – С. 277–296.
- Красная книга Московской области (изд. 2-е, дополн. и переработ.)** / Варлыгина Т. И. (отв. ред.), Зубакин В. А., Соболев Н. А. – М.: Тов. научных изданий КМК, 2008. – 828 с.
- Красная книга Московской области (изд. 3-е дополн. и переработ.)** / Варлыгина Т. И. (отв. ред.), Зубакин В. А., Никитский Н. Б., Свиридов А. В. – М.О.: ПФ «Верховье», 2018. – 810 с.
- Мучник Е. Э., Инсарова И. Д., Казакова М. В.** Учебный определитель лишайников Средней России. Учебно-методическое пособие. – Рязань: Ряз. гос. ун-т, 2011. – 360 с.
- Мучник Е. Э., Черепенина Д. А.** К изучению лишайнобиоты парка музея-заповедника «Абрамцево» (Московская область) // Современная микология в России. Т. 6. Материалы 4-го Съезда микологов России. – М.: Национальная академия микологии, 2017. – С. 338–340.
- Мучник Е. Э., Черепенина Д. А.** К изучению лишайнобиоты парков музея-заповедника А. С. Пушкина (Московская область) // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии, 2018. – Т. 27. – С. 232–239.
- Мячкова Н. А., Сорочкина В. Н.** Климат Московской области. – М.: Изд-во МГУ, 1991. – 52 с.
- Нотов А. А.** Национальный парк «Завидово». Сосудистые растения, мохообразные, лишайники. / Отв. ред. В. И. Фертиков. Федер. служба охраны Рос. Федерации // Гос. комплекс «Завидово». Твер. гос. ун-т. – М: Деловой мир, 2010. – 367 с.
- Нотов А. А., Нотов В. А., Фертиков В. И.** О распространении некоторых редких и охраняемых видов лишайников в Московской части национального парка «Завидово» // Вестн. ТвГУ. Сер. «Биология и экология», 2018. – № 1. – С. 138–150.
- Петров В. В.** Новая схема геоботанического районирования Московской области // Вестник МГУ, сер. биол., 1968. – № 5. – С. 44–50.
- Сулова Е. Г., Толышева Т. Ю., Русанов А. В., Румянцев В. Ю.** Современное распространение некоторых редких и охраняемых лишайников в Московской области // Экосистемы: экология и динамика, 2017. – Т. 1, № 1. – С. 93–118. URL: <http://www.ecosystemsdynamic.ru>
- Тарасова В. Н.** Структура и динамика мохово-лишайникового покрова в среднетаежных лесах северо-запада европейской части России: автореф. ... докт. биол. наук. – СПб, 2017. – 46 с.
- Толышева Т. Ю., Сулова Е. Г., Румянцев В. Ю.** Виды рода *Bryoria* особо охраняемых природных территорий Московской области // Труды Карельского научного центра РАН, 2017. – № 4. – С. 72–80.
- Чернядьева И. В. (ред.), Коткова В. М., Землянская И. В., Новожилов Ю. К., Власенко А. В., Власенко В. А., Благоевская 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 // Новости систематики низших растений, 2018. – Вып. 52(1). – С. 209–223.
- Экологические карты Москвы и Подмосковья.** Портал-справочник «MWMoskva.ru». URL: <https://mwmoskva.ru/ekologicheskaya-karta-moskvy.html> (дата обращения: 02.03.2020).
- Boluda C. G., Rico V. J., Divakar P. K., Nadyeina O., Myllys L., McMullin R. T., Zamora J. C., Scheidegger C., Dobson F. S.** Lichens. An illustrated guide to the British and Irish species. – England, 2011. – 496 pp.
- Gasparyan A., Sipman H. J. M., Lücking R.** *Ramalina europaea* and *R. labiosorediata*, two new species of the *R. pollinaria* group (Ascomycota: Ramalinaceae), and new typifications for *Lichen pollinarius* and *L. squarrosus* // The Lichenologist, 2017. – Vol. 49, № 4. – Pp. 301–319.
- Hawksworth D. L.** Evaluating methodologies for species delimitation: the mismatch between phenotypes and genotypes in lichenized fungi (*Bryoria* sect. *Implexae*, *Parmeliaceae*) // *Persoonia* 42, 2019. – Pp. 75–100.
- Herzig R., Liebendoerfer L., Urech M.** Flechten als Bioindikatoren der Luftverschmutzung in der Schweiz: Methoden-Evaluation und Eichung mit wichtigen Luftschadstoffen // VDI-Berichte, 1987. – № 609 – S. 619–640.
- Myllys L., Velmala S., Holien H.** *Bryoria* // Nordic Lichen Flora. Vol. 4. *Parmeliaceae*. Eds. A. Thell, R. Moberg, 2011. – Pp. 26–36.
- Wirth V.** Zeigewerte von Flechten // *Scripta Geobotanica*, 1991. – Bd. 18. – S. 215–237.
- World Air Quality Index project.** Real-time monitoring. URL: <https://aqicn.org/city/moscow/> (Accessed 01 March 2020).