



УДК 582.293.352(470.324)

## *Acarospora americana* (Acarosporaceae) – новый вид для Евразии из европейской части России

В. В. Панькова<sup>1,4\*</sup>, Л. В. Гагарина<sup>1,5</sup>, Е. Э. Мучник<sup>2</sup>, Н. Н. Попова<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Ботанический институт им. В. Л. Комарова РАН, ул. Проф. Попова, д. 2, г. Санкт-Петербург, 197376, Россия

<sup>2</sup> Институт лесоведения РАН, ул. Советская, д. 21, с. Успенское, г. Одинцово, Московская область, 143030, Россия.

E-mail: emuchnik@outlook.com; ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-9150-6044>

<sup>3</sup> Воронежская государственная академия спорта, ул. Карла Маркса, д. 59, г. Воронеж, 394036, Россия.

E-mail: leskea@vmail.ru; ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-9152-3832>

<sup>4</sup> E-mails: viktoria.pankova.97@gmail.com; VPankova@binran.ru; ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-5461-605X>

<sup>5</sup> E-mail: gagarinalv@binran.ru; ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-3213-1673>

\*Автор для переписки

**Ключевые слова:** Воронежская область, лишайник, описание вида, распространение вида, флористические находки.

**Аннотация.** В Воронежской области на территории Павловского гранитного карьера обнаружен новый для России и Евразии вид лишайника *Acarospora americana* Н. Magn. Выполнено подробное описание морфолого-анатомических признаков, проведен хемотаксономический анализ. Приводится сравнение с близкими видами: *A. fuscata* (Ach.) Arnold и *A. veronensis* A. Massal. Получена последовательность ITS ярдНК.

## *Acarospora americana* (Acarosporaceae), a new species for Eurasia from the European part of Russia

V. V. Pankova<sup>1\*</sup>, L. V. Gagarina<sup>1</sup>, E. E. Muchnik<sup>2</sup>, N. N. Popova<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Komarov Botanical Institute RAS, Prof. Popova St., 2, St.-Petersburg, 197376, Russian Federation

<sup>2</sup> Institute of Forest Science RAS, Sovetskaya St., 21, Uspenskoye village, Odintsovo, Moscow Region, 143030, Russian Federation

<sup>3</sup> Voronezh State Academy of Sports, Karla Marksa St., 59, Voronezh, 394036, Russian Federation

\*Corresponding author

**Keywords:** distribution, floristic finding, lichen, species description, Voronezh Region.

**Summary.** A lichen species *Acarospora americana* H. Magn., new to Russia and Eurasia, was discovered on the territory of the Pavlovsk granite quarry in the Voronezh Region. A detailed description of morphological and anatomical features is given, chemotaxonomic analysis is carried out. A comparison is made with closely related species: *A. fuscata* (Ach.) Arnold and *A. veronensis* A. Massal. ITS nrDNA sequence is obtained.

### Введение

В настоящее время известно более 250 видов лишайников семейства Acarosporaceae Zahlbr. (Wijayawardene et al., 2022). Представители данного семейства широко распространены на зем-

ном шаре в различных климатических условиях, около 60 % видов встречается в Голарктике (Golubkova, 1988). Самым большим родом в пределах семейства является род *Acarospora* A. Massal., насчитывающий порядка 200 видов (Wijayawar-

dene et al., 2022), около 60 из которых произрастают на территории России (Urbanavichus, 2010). В основном это эпилитные виды на силикатных, реже карбонатных, породах и почве. Виды рода *Acarospora* характеризуются накипным талломом и являются довольно сложным объектом для исследования из-за большой изменчивости в зависимости от условий произрастания. Таксономически значимыми признаками рода *Acarospora* являются сумки с многочисленными мелкими спорами и отрицательная реакция апикального аппарата сумок на К/І. При диагностике видов важными признаками являются толщина парафиз, размер и количество спор в сумках, цвет нижней поверхности таллома и др.

Первую крупную монографическую обработку рода *Acarospora* провел Н. Magnusson (1929). В России изучением данного рода занималась Н. С. Голубкова (Golubkova, 1988). В настоящее время большой вклад в изучение рода *Acarospora* за пределами нашей страны вносит К. Knudsen, который пересмотрел группы родства *A. badiofusca* (Knudsen et al., 2014), *A. nitrophila* (Knudsen, Kocourková, 2017), *A. strigata* (Nurtai et al., 2017). Несмотря на применение им молекулярно-генетических методов, большинство вопросов, касающихся установления границ видов, остались нерешенными. В настоящее время требуется проведение таксономической ревизии данного рода как в мире, так и на территории России.

*Acarospora americana* Н. Magn. был впервые описан в 1929 г. и отнесен автором к группе родства *A. veronensis* (Magnusson, 1929). К настоящему времени таксономическая ревизия данной группы никем не проводилась. Опираясь на первоописание, мы рассматриваем *A. americana* как отдельный вид.

#### Материалы и методы

**Полевые и гербарные материалы.** Сбор материала проведен маршрутным методом в Воронежской области в 2015 г. Координаты (в системе WGS-84) определялись при помощи навигатора Garmin GPSmap 62s. Определение образца осуществлялось с использованием стандартных макро- и микроскопических методов (Smith et al., 2009; Stepanchikova, Gagarina, 2014) в лаборатории лишенологии и бриологии Ботанического института им. В. Л. Комарова РАН (далее БИН РАН) (г. Санкт-Петербург). Фотосъемка производилась с помощью стереоскопического микроскопа Stemi 508 и микроскопа Axio Scope A.1 с камерой AxioCam 506. Измерения микроскопических признаков проводились в воде без добавления КОН. Образец хранится в лишено-

логическом гербарии лаборатории лишенологии и бриологии БИН РАН (гербарный номер LE L-22660).

**Химический анализ.** Присутствие или отсутствие лишайниковых веществ определялось при помощи цветных реакций («spot» test) с 10 % раствором едкого калия (К), раствором гипохлорита натрия (С), неразбавленным раствором Люголя (І) без предварительной обработки К. Также вторичные метаболиты исследовались при помощи тонкослойной хроматографии (ТСХ) в системе растворителей С (Orange et al., 2001).

**Получение и анализ молекулярных данных.** Экстрагирование ДНК проводили с помощью коммерческого набора PhytoSorb (Синтол, Россия) в соответствии с представленной инструкцией. Для амплификации внутреннего транскрибируемого спейсера (ITS) с помощью пары праймеров ITS1f (Gardes, Bruns, 1993) и ITS4 (White et al., 1990) проводили полимеразную цепную реакцию (ПЦР) в соответствии со следующей программой: начальная денатурация 94 °С – 5 мин, затем 5 циклов (94 °С – 30 с, 55 °С – 30 с, 72 °С – 60 с), 30 циклов (94 °С – 30 с, 52 °С – 30 с, 7°С – 60 с), элонгация 72 °С – 300 с (Westberg et al., 2015). Полученная новая последовательность была загружена в NCBI (GenBank OR515531), а также было произведено сравнение последовательностей для поиска соответствий при помощи алгоритма BLAST.

#### Результаты

Ниже приводится описание вида, составленное на основе изученного образца и литературных данных (Magnusson, 1929; Knudsen et al., 2011). Расхождения с литературными данными представлены в таблице 1.

***Acarospora americana*** Н. Magn., 1929, K. Svenska Vetensk-Acad. Handl., Ser. III, Bd. 7, (no. 4): 198.

**Тип:** «U.S.A., Illinois: Kane Co., on granite rocks, 1895, Fink» (UPS, не изучен; изо – MIN, NY, не изучены).

Таллом эпилитный, ареолированный (рис. 1А). Ареолы от округлых до угловатых, 0,2–1,5 мм в диаметре, до 0,6 мм высотой, широко прикрепленные, иногда образующие лопасти по краям, разбросанные или образующие непрерывную корочку. Верхняя поверхность от светло- до темно-коричневой, иногда черная, матовая, в некоторых случаях, согласно Knudsen et al. (2011), присутствует белый налет. Нижняя поверхность от светло- до темно-коричневой, нижний коровый слой отсутствует. Эпинекральный слой до 10 мкм. Верхний коровый слой пареплектенхимный, толщиной 30–50 мкм, снаружи

коричневый, внутри бесцветный, с клетками 4–6 мкм в диаметре. Альгальный слой 50–100 мкм толщиной, непрерывный, клетки 10–13 мкм в диаметре. Сердцевина до 100 мкм толщиной, бесцветная, иногда с кристаллами (оксалата кальция), гифы сердцевины 2–4 мкм толщиной. Апотеции 0,1–0,4 мкм в диаметре, от 1 до 12 в ареоле, чаще по 1 или 2–4, погруженные, вначале точковидные, затем расширенные. Диск обычно округлый или неправильно округлый, плоский, темно- или красновато-коричневый, при намокании гладкий. Эксципул до 85 мкм шириной (рис. 1Г). Гимений 80–100 мкм высотой, бес-

цветный (рис. 1Б). Эпитеций 10–12 мкм, желто-коричневый. Парафизы 1,7–2 мкм в диаметре, на вершинах утолщенные до 2,5–3(4) мкм, слабо септированные, часто окрашенные на концах (рис. 1Д). Сумки 70–80 × 15–17 мкм, булавовидные. Споры (3)4–5(6) × 1,5–2 мкм, от узких до широкоэллипсоидных, по 100–200 в сумке, простые, бесцветные (рис. 1В). Субгимений 18–32 мкм толщиной, бесцветный (согласно Knudsen et al. (2011), может быть золотистым). Гипотеций 8–10 мкм толщиной, бесцветный. Пикнидии не обнаружены.

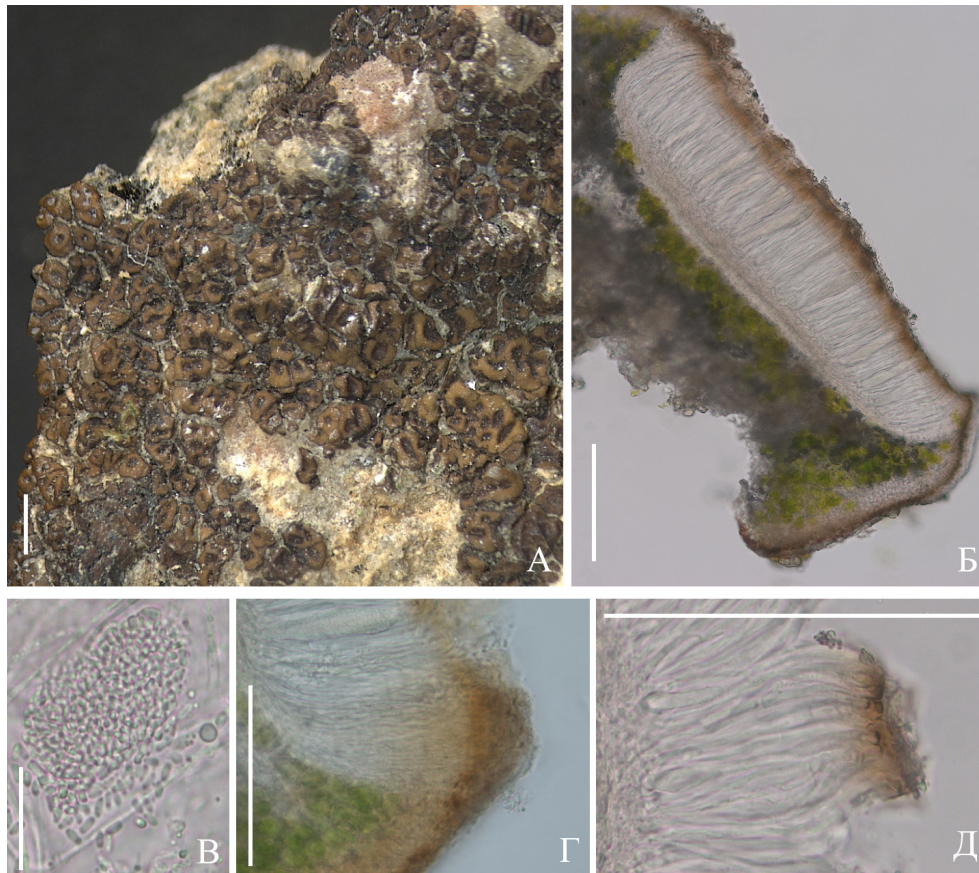


Рис. 1. *Acarospora americana* (LE L-22660): А – таллом; Б – срез апотеция; В – споры; Г – эксципул; Д – парафизы с окрашенными верхушками. Масштаб: А – 1 мм; Б, Г, Д – 100 мкм; В – 20 мкм.

**Химия.** Цветные реакции: таллом С–, К–, гимений I+ синий. В результате проведения тонкослойной хроматографии вторичные метаболиты не обнаружены.

**Экология и распространение.** *Acarospora americana* является довольно распространенным видом на территории Северной Америки, обитает на гранитных, вулканических породах и песчаниках, редко на карбонатных породах, на кристаллах киновари, почве и древесине (Knudsen et al., 2011). На территории России вид обнаружен на обломке гранита в заброшенной части

карьера на территории Павловского горно-обогатительного комбината в Воронежской области. До этого времени вид был известен только на территории Северной Америки (Knudsen et al., 2011), настоящая находка является первой в Евразии.

**Изученный образец:** «Россия, Воронежская область, Павловский р-н, Павловский горно-обогатительный комбинат, Шкурлатовское месторождение гранита, 50°41'24"N, 41°09'52"E, на обломке гранита в заброшенной части карьера. 18 X 2015. Н. Н. Попова» (LE L-22660).

Таблица 1

Расхождения количественных признаков *Acarospora americana*

	Данные авторов	Magnusson, 1929	Knudsen et al., 2011
Ареолы, диам., мм	0,2–1,5	до 1	до 3
Эпинецральный слой, толщ., мкм	до 10	до 15	нет данных
Верхний коровой слой, толщ., мкм	30–50	15–35	20–40
Клетки верхнего корового слоя, диам., мкм	4–6	2–4	3–6
Альгальный слой, толщ., мкм	50–100	50–110	100–140
Сердцевина, толщ., мкм	< 100	60–84 (иногда 100–200)	нет данных
Гимениальный слой, выс., мкм	80–100	70–100	80–150
Сумки, мкм	70–80 × 15–17	60–80 × 15–18	60–110 × 12–25
Субгимений, толщ., мкм	18–32	25–60 (рассматривается вместе с гипотецием)	35–40
Гипотеций, толщ., мкм	8–10	нет данных	10–30
Эксципул, шир., мкм	< 85	отсутствует или 8–12 (слегка расширяющийся)	< 80

Таблица 2

Сравнение *Acarospora americana* с близкими видами

	<i>A. americana</i>	<i>A. veronensis</i>	<i>A. fuscata</i>
Ареолы диам., мм	0,5–2,5(3)	0,3–0,5(1,5)	0,5–2(3)
Характеристика таллома	ареолированный; ареолы округлой формы, иногда образуются лопасти	ареолированный; ареолы округлой или угловатой формы, без лопастей	ареолированный, реже чешуйчатый; ареолы неправильной формы, часто имеются лопасти
Высота субгимения, мкм	18–32 (60)	15–20	30–60
Высота гимения, мкм	80–100 (150)	65–80	80–140
Ширина эксципула, мкм	< 85	< 15, либо незаметный	10–20
Реакция С	Отрицательная	отрицательная	красный

*Сравнение с близкими видами.* При сравнении с близкими видами использованы литературные данные (Magnusson, 1929; Knudsen et al., 2011) и собственные сборы авторов. Наиболее близкими к *A. americana* видами являются *A. fuscata* и *A. veronensis*. Основные отличительные признаки приведены в табл. 2. По многим макро- и микроскопическим признакам *A. fuscata* сходна с *A. americana*, однако основным отличием *A. fuscata* является наличие гирофоровой кислоты (положительная реакция на С). Помимо этого, по краям таллома *A. fuscata* обычно образуются лопасти, в то время как у *A. americana* ареолы преимущественно округлые, лопасти образуются редко. Также виды могут различаться размером эксципула, который *A. americana* может расширяться до 85 мкм, а у *A. fuscata* обычно 10–20 мкм (иногда до 30 мкм) шириной. Достоверных отличий *A. veronensis* от *A. americana* на данный момент обнаружено не было. В дальнейшем планируется провести более детальное сравнение с *A. veronensis* и уточнить таксономический статус обоих видов с использованием комплек-

са современных методов. При наличии хорошо развитых талломов в некоторых случаях можно учитывать размер ареол, диаметр которых у *A. veronensis* обычно 0,3–0,5 мм, а у *A. americana* в большинстве случаев более 0,5 мкм, и ширину эксципула, который у *A. veronensis* не превышает 15 мкм ширины, в то время как у *A. americana* он может расширяться до 85 мкм. Данные по морфолого-анатомическим признакам *A. veronensis* и *A. americana* в литературных источниках противоречивы. Magnusson (1929) в ключе близкие виды разводит на основании толщины корового слоя: у *A. veronensis* и близких к ней видов (за исключением *A. americana*) коровый слой тонкий, 15–20(25) мкм толщиной, у *A. americana* и близких к ней видов коровый слой толще. В то же время в описании видов толщина корового слоя практически одинакова: 10–35 мкм у *A. veronensis* и 15–35 мкм у *A. americana* (Magnusson, 1929). Другие авторы (Knudsen et al., 2011) сравнивают эти виды на основе высоты гимения и толщины субгимения. Гимений у *A. veronensis* 65–80 мкм, в то время как у *A. americana* (90)100–120(150)

мкм (Knudsen et al., 2011), хотя в разных литературных источниках размер гимения *A. americana* варьирует от 70 мкм (Magnusson, 1929) до 150 мкм (Knudsen et al., 2011) (размер гимения в первоисточнике 70–100 мкм). По мнению Knudsen et al. (2011), высота субгимения у этих видов различается, составляя 15–20 мкм у *A. veronensis* и 30–40 мкм у *A. americana*. У Magnusson (1929) отдельно субгимений не выделен, он рассматривался как часть гипотеция.

Анализ последовательности ITS nrDNA с применением алгоритма BLAST выявил сходство с *A. americana* на 99,22 % (MK948456, США), с *A. veronensis* на 98,30 % (ON794164, Чехия), с *A. fuscata* на 94,09 % (MT644900, Дания). Полученные молекулярные данные свидетельствуют о необходимости проведения детальной таксономической ревизии близких видов.

### Благодарности

Авторы выражают благодарность научному сотруднику лаборатории лишенологии и бриологии БИН РАН С. В. Чеснокову и научному сотруднику лаборатории ботаники Института биологических проблем Севера ДВО РАН Е. В. Желудевой за помощь в исследовании вторичных метаболитов методом тонкослойной хроматографии. Молекулярно-генетические исследования В. В. Паньковой и Л. В. Гагариной выполнены при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках Соглашения № 075-15-2021-1056 от 28 сентября 2021 г., остальные исследования в рамках данной работы первого и второго авторов выполнены в рамках Госзадания БИН РАН по теме № 121021600184-6.

### REFERENCES / ЛИТЕРАТУРА

- Gardes M., Bruns T. D.** 1993. ITS primers with enhanced specificity for basidiomycetes. Application for the identification of mycorrhizae and rust. *Molec. Ecol.* 2: 113–118. DOI: 10.1111/j.1365-294X.1993.tb00005.x
- Golubkova N. S.** 1988. *Lishayniki semeystva Acarosporaceae Zahlbr. v SSSR [The lichen family Acarosporaceae in the USSR]*. Leningrad: Nauka. 134 pp. [In Russian] (**Голубкова Н. С.** Лишайники семейства Acarosporaceae Zahlbr. в СССР. Л.: Наука, 1988. 134 с.).
- Knudsen K., Kocourková J.** 2017. What is *Acarospora nitrophila* (Acarosporaceae)? *The Bryologist* 120(2):125–129. DOI: 10.1639/0007-2745-120.2.125
- Knudsen K., Kocourková J., Nordin A.** 2014. Conspicuous similarity hides diversity in the *Acarospora badiofusca* group (Acarosporaceae). *The Bryologist* 117(4): 319–328. DOI: 10.1639/0007-2745-117.4.319
- Knudsen K., Lendemer J. C., Harris R. C.** 2011. Studies in lichens and lichenicolous fungi—no 15: miscellaneous notes on species from eastern North America. *Opuscula Philolichenum* 9: 45–75.
- Magnusson A. H.** 1929. A monograph of the genus *Acarospora*. *Kungliga Svenska Vetenskapsakademiens Handlingar* 3(7): 1–400.
- Nurtai L., Knudsen K., Abbas A.** 2017. A new species of the *Acarospora strigata* group (Acarosporaceae) from China. *The Bryologist* 120(4): 382–387. DOI: 10.1639/0007-2745-120.4.382
- Orange A., James P. W., White F. J.** 2001. *Microchemical methods for the identification of lichens*. London: British Lichen Society. 101 pp.
- Smith C. W., Aptroot A., Coppins B. J., Fletcher A., Gilbert O. L., James P. W., Wolseley P. A.** (eds.). 2009. *The Lichens of Great Britain and Ireland*. London: The British Lichen Society. 1046 pp.
- Stepanchikova I. S., Gagarina L. V.** 2014. Chapter 8. Collection, identification and storage of lichenological collections. In: *Flora lishaynikov Rossii. Biologiya, ekologiya, raznoobraziye, rasprostraneniye i metody izucheniya lishaynikov [The lichen flora of Russia. Biology, ecology, diversity, distribution and methods to study lichens]*. Moscow; St. Petersburg: KMK Scientific Press Ltd. Pp. 204–219. [In Russian] (**Степанчикова И. С., Гагарина Л. В.** Глава 8. Сбор, определение и хранение лишенологических коллекций // Флора лишайников России. Биология, экология, разнообразие, распространение и методы изучения лишайников. М.; СПб.: Тов-во науч. изд. КМК, 2014. С. 204–219).
- Urbanavichus G. P.** 2010. *Spisok likhenoflory Rossii [A checklist of the lichen flora of Russia]*. St. Petersburg: Nauka. 194 pp. [In Russian] (**Урбанавичюс Г. П.** Список лишенофлоры России. СПб.: Наука, 2010. 194 с.).
- Westberg M., Millanes A. M., Knudsen K., Wedin M.** 2015. Phylogeny of the Acarosporaceae (Lecanoromycetes, Ascomycota, Fungi) and the evolution of carbonized ascomata. *Fungal Diversity* 73: 145–158. DOI: 10.1007/s13225-015-0325-x
- White T. J., Bruns T. D., Lee S., Taylor J.** 1990. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal DNA genes for phylogenies. In: *PCR Protocols: A Guide to Methods and Applications*. Academic Press, San Diego. Pp. 315–322. DOI: 10.1016/B978-0-12-372180-8.50042-1
- Wijayawardene N. N., Hyde K. D., Dai D. Q., Sánchez-García M., Goto B. T., Magurno F.** 2022. Outline of Fungi and fungus-like taxa—2021. *Mycosphere* 13(1): 53–453. DOI: 10.5943/mycosphere/13/1/2