



УДК 582.29:581.96(479)

***Staurolemma omphalarioides* (Pannariaceae, Ascomycota) – новый для лишенофлоры России вид и род с полуострова Абрау (Северо-Западный Кавказ)**

Г. П. Урбанавичюс^{1,4*}, И. Н. Урбанавичене^{2,5}, У. В. Симакова^{3,6}, В. Н. Москаленко^{3,7}

¹ Кольский научный центр РАН, Академгородок, д. 14а, г. Апатиты, Мурманская область, 184209, Россия

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

³ Институт океанологии им. П. П. Ширишова, Нахимовский пр., д. 36, г. Москва, 117997, Россия

⁴ E-mail: g.urban@mail.ru ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-3222-5151>

⁵ ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-5492-5215>

⁶ ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-7250-2611>

⁷ ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-9322-0269>

*Автор для переписки

Ключевые слова: ареал, ДНК-баркодинг, Краснодарский край, лишайник, флористическая находка, экология, *Staurolemma*.

Аннотация. Род *Staurolemma* K rb., представленный видом *Staurolemma omphalarioides* (Anzi) P. M. J rg. et Henssen, впервые приводится для России по сборам из Северо-Западного Кавказа с территории заповедника «Утриш» на п-ове Абрау. Виды рода *Staurolemma* широко распространены в тропических и субтропических областях Земли, и только один вид *S. omphalarioides* имеет средиземноморско-атлантический ареал. Как и в средиземноморском бассейне, на п-ове Абрау вид приурочен к теплым и влажным местообитаниям на Черноморском побережье, где произрастает в субсредиземноморских растительных сообществах, в дубово-можжевеловых и можжевелово-фисташковых лесах, на стволах и ветвях лиственных деревьев, главным образом, на *Pistacia tuitica* Fisch. et C. A. Mey. и *Quercus pubescens* Willd. В статье приводятся описание и фото вида, а также информация о его систематическом положении и географическом распространении. Для части изученных образцов секвенированы нуклеотидные последовательности ITS-участка рДНК (их номера в базе данных GenBank указаны в тексте).

***Staurolemma omphalarioides* (Pannariaceae, Ascomycota), a new species and genus for the lichen flora of Russia from Abrau Peninsula (North-Western Caucasus)**

G. P. Urbanavichus¹, I. N. Urbanavichene², U. V. Simakova³, V. N. Moskalenko³

¹ Federal Research Center «Kola Science Center RAS», Akademgorodok, 14a, Apatity, Murmansk Region, 184209, Russian Federation

² Komarov Botanical Institute RAS, Prof. Popova Str., 2, St.-Petersburg, 197376, Russian Federation

³ Shirshov Institute of Oceanology RAS, Nakhimovskiy Pr., 36, Moscow, 117997, Russian Federation

Keywords: area, DNA barcoding, ecology, floristic finding, Krasnodar Territory, lichen, *Staurolemma*.

Summary. The genus *Staurolemma* Körb., represented by the species *S. omphalarioides* (Anzi) P. M. Jørg. et Henssen, identified both by morphology and using DNA barcoding (ITS1-5.8S-ITS2 gene), is reported for the first time for Russia, based on materials collected in the North-Western Caucasus in the Utrish Reserve on the Abrau Peninsula. The genus *Staurolemma* is widely distributed in the tropics and subtropics, and only one species *S. omphalarioides*, has a Mediterranean-Atlantic area. As in the Mediterranean basin, in the Abrau Peninsula, the species is confined to warm and humid habitats on the Black Sea coast, where it grows in sub-Mediterranean plant communities, in oak-juniper and juniper-pistachio forests, on the trunks and branches of deciduous trees, mainly on *Pistacia mutica* Fisch. et C. A. Mey. and *Quercus pubescens* Willd. Description and photo of species are given with a discussion on their taxonomy and distribution. For some studied specimens, new rITS sequences were generated and their GenBank accession numbers are provided.

В июне 2014 г. в процессе изучения лишайников уникальных для России субсредиземноморских растительных комплексов на территории заповедника «Утриш» на п-ове Абрау (Краснодарский край) впервые был собран необычный цианобионтный лишайник (в стерильном состоянии), внешне напоминающий представителей семейства Collemataceae Zenker. По габитусу он хорошо выделялся своим обликом и не был похож ни на один из известных видов рода *Collema* F. H. Wigg. s. lat.

Анализируя морфологические описания и экологию эпифитных видов цианобионтных лишайников, было предположено, что собранный образец может представлять собой ранее неизвестный в России и на Кавказе вид *Staurolemma omphalarioides* (Anzi) P. M. Jørg. et Henssen. Достоверно определить этот вид в стерильном состоянии было крайне затруднительно, тогда как при наличии апотециев он легко идентифицируется благодаря одноклеточным широко эллипсоидным или почти шаровидным спорам, не характерным для представителей семейства Collemataceae.

В последующем этот лишайник, уже узнаваемый в поле, неоднократно собирался на разных форофитах в разных участках заповедника. Но все собранные экземпляры были стерильными. Возможность подтвердить наше предположение и точно идентифицировать образцы до вида появилась только после применения молекулярных методов с использованием нуклеотидной последовательности ITS1-5.8S-ITS2 -участка рибосомальной ДНК.

Материал и методы

Лишенофлористические исследования и сборы образцов лишайников на п-ове Абрау проводились традиционным маршрутно-рекогносци-

ровочным методом с 2014 по 2019 гг. Географические координаты точек сборов и высота над уровнем моря определялись при помощи навигатора Garmin GPSmap 62s в системе WGS-84.

Изучение морфологии и анатомии талломов проведено при помощи сравнительно-морфологического и сравнительно-анатомического методов с использованием световой микроскопии.

Выделение ДНК проводили с помощью набора Qiagen DNeasy Plant Mini kit в соответствии с протоколом производителя. Для амплификации (и секвенирования с помощью набора реактивов ABI PRISM® BigDye™ Terminator v. 3.1 с последующим анализом продуктов реакции на автоматическом секвенаторе ABI PRISM 3500) выбранного участка рибосомальной ДНК ITS1-5.8S-ITS2, были использованы праймеры ITS1F (Gardes, Bruns, 1993) и ITS4 (White et al., 1990). Амплификацию фрагментов проводили с помощью набора HS-ScreenMix (Evrogen) в объеме 20 мкл (15 сек. при температуре 95 °C, 30 сек. при 55 °C, 45 сек. при 72 °C, 35 циклов). Хроматограммы были обработаны в программе CodoneCode Aligner (CodonCode Corporation, Dedham, Massachusetts). Выравнивание было проведено с помощью алгоритма MAFFTalign (Katoh, Standley, 2013). Сравнение с базой данных GenBank проводили с помощью алгоритма BLAST (Altschul et al., 1990) с определением сходства последовательностей в % от общей длины выравнивания.

Поскольку вид впервые указывается для России, приводим его детальное описание согласно работам P. M. Jørgensen, A. Henssen (1993), P. L. Nimis (2022) и L. Arcadia (2022) с учетом собственных данных. Апотеции в собранных образцах отсутствуют, поэтому описание их строения представлено согласно процитированным выше работам. Образцы хранятся в лишенологическом гербарии БИН (LE) и личной коллекции (herb. G. Urbanavichus), дублет передан в ALTB.

Результаты и обсуждение

Получены последовательности участка гена ITS1-5.8S-ITS2 двух образцов: (1) длиной 606 пар нуклеотидов (образец UT-142-01, номер в GenBank OP133278) и (2) длиной 614 пар нуклеотидов (образец L-18448, номер в GenBank OP133279). Сходство между этими последовательностями составляет 99,7 %; выявлены 2 замены.

Сравнение последовательностей с представленными в базе данных GenBank показало, что одна из них (OP133278) на 100 % совпадает с гаплотипами *Staurolemma omphalarioides* Южной Европы; этот гаплотип встречается в Италии, Хорватии, Турции, Португалии, Испании и островах Зеленого Мыса (Bendiksby et al., 2014). Наибольшее сходство второй последовательности (OP133279) с опубликованными ранее данными составляет 99,6 %, а обнаруженные замены уникальны для данного гаплотипа. Сходство полученных данных с представителями других видов рода составляет менее 90 %.

Поскольку для образцов, последовательности которых опубликованы в базе данных, имеется подробное морфологическое описание в

том числе и важных для диагностики признаков (апотециев), мы можем считать, что исследованные образцы относятся к тому же виду, что распространен в Южной и Северной Европе. Один из двух выявленных гаплотипов широко распространен в Средиземноморском регионе и, возможно, имеет местное происхождение (Bendiksby et al., 2014). Второй гаплотип пока не встречен в других районах и является уникальным, что, возможно, отражает изолированность «утришской» популяции.

Staurolemma omphalarioides (Anzi) P. M. Jørg. et Henssen, 1993, Graphis Scripta 5: 13. ≡ *Collema omphalarioides* Anzi, 1862, Comm. Soc. Critt. Ital. 1: 131. ≡ *Physma omphalarioides* (Anzi) Arnold., 1867, Flora, Regensburg 50: 119. ≡ *Lempholemma omphalarioides* (Anzi) Zahlbr., 1924, Cat. Lich. Univers. 3: 18. = *Staurolemma dalmaticum* Körb., 1867, Verh. zool.-bot. Ges. Wien 17: 706. = *Physma dalmaticum* (Körb.) Zahlbr., 1890, Annln K. K. naturh. Hofmus. Wien 5: 47. = *Physma hispanicum* Samp., 1917, Assoc. Españ. para el Progreso de las Ciencias, Congr. Sevilla: 136. = *Lempholemma hispanicum* (Samp.) Zahlbr., 1924, Cat. Lich. Univers. 3: 17. (рис.).



Рис. *Staurolemma omphalarioides*, общий вид стерильного таллома. Шкала – 5 мм.

Таллом мелколопастной, гомеомерный, во влажном состоянии желатинозно разбухающий, образует подушечки до 1 см в диам. (редко до 2–3 см). Отдельные лопасти более или менее выражены только по краю таллома, обычно 1–3 мм шир. (редко до 5 мм шир.), округлые, с восходящим краем, черные, 250–400 мкм толщ. во влажном состоянии (в сухом – 100–250 мкм толщ.), с изидиями, сначала тонкими, субцилиндрическими, до 0,05 мм толщ., позже шаровидными, 0,1–0,2 мм в диам. Верхняя и нижняя кора отсутствуют. Фотобионт – *Nostoc*, клетки шаровидные, 4–5 мкм в диам., в цепочках, не образующих отчетливого слоя. Гифы в центре лопастей 1,5–4 мкм толщ., анастомозирующие, без видимых перегородок. Апотеции в изученных образцах отсутствуют; по литературным данным, образуются часто; 0,3–0,8 мм в диам., сидячие или на коротких ножках, с плоским, темно-коричневым до черного диском и выступающим, коричневым, обычно изидиозным талломным краем. Экципул параплектенхимный; эпигимений темно-коричневый; гимений до 100 мкм выс., коричневый в верхней части, в остальном бесцветный, от йода синее в нижней части; гипотеций 100–140 мкм выс.; парафизы без видимых перегородок, 1 мкм толщ., на верхушках утолщенные до 2 мкм, с полушаровидной сероватой шапочкой. Сумки 55–67 × 15–23 мкм, 8-споровые, булавовидные, с амилоидными стенками, но без выраженных апикальных структур. Споры одноклеточные, бесцветные, от широко эллипсоидных до почти шаровидных, толстостенные, 12–15 × 7–10 мкм. Пикнидии встречаются редко, погруженные. Конидии палочковидные, 3 × 1 мкм.

Как указывают Jørgensen и Henssen (1993), *Staurolemma omphalarioides* – очень вариабельный вид, особенно по размерам и цвету таллома и лопастей, степени развития изидий, а также по форме и размерам спор. При отсутствии апотециев лишайник внешне может напоминать молодые экземпляры изидиозного вида *Lathagrium fuscovirens* (With.) Otálora, P. M. Jørg. et Wedin, также встречающегося на п-ове Абрау, но обитающего на каменистом субстрате. Из эпифитных цианобионтных лишайников с развитыми апотециями, обитающих в аналогичных сообществах, внешне похожими могут быть виды *Enchylium conglomeratum* (Hoffm.) Otálora, P. M. Jørg. et Wedin и *E. ligerinum* (Hu) Otálora, P. M. Jørg. et Wedin, хорошо отличающиеся отсутствием изидий и наличием узких веретеновидных спор с 1–3 поперечными перегородками.

Изученные образцы. Россия: «Краснодарский край, муниципальное образование город-курорт Анапа, п-ов Абрау, Государственный природный заповедник “Утриш”, 38 кв., щель Атмачева, дубово-можжевеловый лес, на стволе дуба пушистого (*Quercus pubescens* Willd.), 100 м над ур. м., 44°47'09.6" с. ш. 37°26'45.3" в. д. 28 VI 2014. Г. П. Урбанавичюс, И. Н. Урбанавичене» (herb. Urbanavichus); «Краснодарский край, муниципальное образование город-курорт Анапа, п-ов Абрау, Государственный природный заповедник “Утриш”, 27 кв., фисташково-можжевеловый лес на берегу Черного моря, на стволе фисташки (*Pistacia mutica* Fisch. et C. A. Mey.), 25 м над ур. м., 44°43'05.0" с. ш. 37°26'36.9" в. д. 18 IX 2014. Г. П. Урбанавичюс, И. Н. Урбанавичене» (herb. Urbanavichus); «Краснодарский край, муниципальное образование город Новороссийск, п-ов Абрау, Государственный природный заповедник “Утриш”, 13 кв., подножие юго-западной части Казенного бугра, фисташково-можжевеловый лес, на стволе фисташки (*Pistacia mutica* Fisch. et C. A. Mey.), 100 м над ур. м., 44°43'44.3" с. ш. 37°27'25.4" в. д. 25 IX 2014. Г. П. Урбанавичюс» (LE № L-18448, GenBank OP133279); «Краснодарский край, муниципальное образование город Новороссийск, п-ов Абрау, Государственный природный заповедник “Утриш”, 40 кв., можжевелово-фисташковый лес на склоне южной экспозиции, на стволе фисташки (*Pistacia mutica* Fisch. et C. A. Mey.), 100 м над ур. м., 44°43'01.0" с. ш. 37°27'33.0" в. д. 14 IX 2015. Г. П. Урбанавичюс, И. Н. Урбанавичене» (herb. Urbanavichus); «Краснодарский край, муниципальное образование город Новороссийск, п-ов Абрау, Государственный природный заповедник “Утриш”, 7 кв., щель Юрзина, можжевелово-дубовый лес, на стволе дуба (*Quercus* sp.), 130 м над ур. м., 44°44'12.6" с. ш. 37°33'15.9" в. д. 4 V 2018. Г. П. Урбанавичюс, И. Н. Урбанавичене» (herb. Urbanavichus № Ut-142-01, GenBank OP133278); «Краснодарский край, муниципальное образование город Новороссийск, п-ов Абрау, Государственный природный заповедник “Утриш”, 60 кв., ясеневый-дубовый лес, на стволе ясеня (*Fraxinus excelsior* L.), 250 м над ур. м. 11 V 2018. Г. П. Урбанавичюс» (ALTB, LE, herb. Urbanavichus); «Краснодарский край, муниципальное образование город-курорт Анапа, п-ов Абрау, Государственный природный заповедник “Утриш”, 27 кв., фисташково-можжевеловый лес на берегу Черного моря, на стволе можжевельника высокого (*Juniperus excelsa* M. Bieb.), 20 м над ур. м., 44°43'05.0" с. ш. 37°26'36.9" в. д. 9 VII

2019. Г. П. Урбанавичюс, И. Н. Урбанавичене» (herb. Urbanavichus).

Распространение в мире. Северная Европа – Норвегия; Южная Европа – Португалия, Испания, Франция, Италия, Словения, Хорватия, Босния и Герцеговина, Черногория, Албания, Греция; Юго-Западная (Передняя) Азия – Турция, Кипр, Сирия, Израиль, Иран; Северная Африка – Марокко, Алжир, Тунис; острова в Атлантическом океане – Канарские о-ва, о-ва Зеленого Мыса (Jørgensen, Henssen, 1993; Seaward et al., 2004; Bilovitz, Mayrhofer, 2011; Bendiksby et al., 2014; Malíček et al., 2021; Arcadia, 2022).

Указание *Staurolemma omphalarioides* из Южной Кореи (Moon, 1999) основано на неверном определении и относится к виду *S. perforatum* (Jørgensen, 2010).

Staurolemma omphalarioides – почти облигатный эпифитный лишайник, обитающий на коре широкого спектра форофитов, но чаще всего на стволах разных видов дубов *Quercus* sp., часто также на оливе (*Olea europaea* L.) и каштане (*Castanea* sp.), менее часто на иных форофитах – *Acacia* sp., *Cedrus* sp., *Eucalyptus* sp., *Pistacia* sp. и др. (Jørgensen, Henssen, 1993). И только в Норвегии, на самом северном пределе распространения, вплоть до полярного круга, вид поселяется на стволах осины *Populus tremula* L. или рябины *Sorbus* sp. (Jørgensen, 2007).

В большинстве случаев известные местообитания *S. omphalarioides* отличаются достаточно высокой влажностью воздуха и хорошей освещенностью. Вид довольно часто встречается в садах и парках, в посадках вдоль дорог, что не свидетельствует о его строгой приуроченности к старовозрастным лесным массивам (Jørgensen, Henssen, 1993). В высотном диапазоне вид, скорее, приурочен к низменным условиям, невысоко поднимаясь по склонам гор, обычно в пределах первых сотен метров; лишь в самых южных частях ареала на юге Испании, в Северной Африке, на Канарских о-вах и о-вах Зеленого Мыса вид может подниматься до 1000–1500 м над ур. м. (Jørgensen, Henssen, 1993).

На п-ове Абрау *S. omphalarioides* отмечен на высотах практически от уровня моря до 250 м над ур. м. Из семи известных местонахождений только два расположены на удалении 5–6 км от берега Черного моря, остальные – в пределах первых сотен метров и до 2 км от береговой полосы. Все обнаруженные места обитания связаны с субсредиземноморской растительностью –

дубово-можжевеловыми или можжевелово-фишашковыми лесами.

Род *Staurolemma* Körb. в основном представлен видами австралазийского распространения, вероятно, гондванского происхождения (Jørgensen, 2010). Долгое время этот род относили к семейству Collemataceae и лишь в последнее время на основании методов молекулярной филогении включили в семейство Pannariaceae (Wedin et al., 2009). В настоящее время род насчитывает 8 видов, выделяемых в два подрода: *Staurolemma* и *Hymenolemma* P. M. Jørg. (Jørgensen, 2010). Представители первого (*S. oculatum* P. M. Jørg. et Aptroot, *S. omphalarioides* и *S. orbiculare* P. M. Jørg. et Aptroot.) встречаются в основном в регионах со средиземноморским климатом, имеют относительно толстый таллом, очень напоминающий талломы видов рода *Collema*, и амилоидные стенки сумок. Представители второго (*S. carolinianum* P. M. Jørg., *S. dussii* (Vain.) P. M. Jørg. et Henssen, *S. fruticosum* Henssen, *S. perforatum* P. M. Jørg., *S. weberi* P. M. Jørg. et Henssen) имеют преимущественно тропическое и субтропическое распространение, характеризуются тонким, мембрановидным, распростертым талломом и отсутствием йодной реакции стенок сумок. Только один вид этого рода – *S. omphalarioides*, обладающий достаточно обширным средиземноморско-атлантическим ареалом, встречается в Европе, Северной Африке и Юго-Западной (Передней) Азии (Jørgensen, 2010).

Хотя в России виды рода *Staurolemma* ранее не были известны, находка такого вида на Северо-Западном Кавказе, где встречается много реликтовых южно- и западноевропейских лишайников с океаническим и средиземноморским распространением, представляется нам вполне естественной. Тем более что ближайшее к п-ову Абрау местонахождение находится в Турции (Kinalioglu, 2009).

Благодарности

Авторы выражают признательность администрации и сотрудникам заповедника «Утриш», заместителю директора по науке О. Н. Быхаловой за помощь в организации исследований. Полевые работы первых двух авторов в 2015–2018 гг. осуществлены в рамках проекта «Лиخنотрава Северного Кавказа: таксономическая структура, разнообразие, специфика, систематика отдельных таксонов и вклад в разноо-

бразии лишенофлоры России», поддержанного грантом РФФИ № 15–29–02396. Исследования У. В. Симаковой и В. Н. Москаленко проведены в рамках гостемы FMWE-2021-0007 «Морские и океанские экосистемы в условиях меняющегося климата и антропогенного воздействия: структура и биологическая продуктивность экосистемы Арктического бассейна и морей Рос-

сии, экосистемы и потенциальные биологические ресурсы открытого океана». Исследования И. Н. Урбанавичене проведены в рамках госзадания БИН РАН «Флора и систематика водорослей, лишайников и мохообразных России и фитогеографически важных регионов мира» (№ 121021600184-6).

REFERENCES / ЛИТЕРАТУРА

- Altschul S. F., Gish W., Miller W., Myers E. W., Lipman D. J.** 1990. Basic local alignment search tool. *J. Mol. Biol.* 215(3): 403–410.
- Arcadia L.** 2022. *The lichens and lichenicolous fungi of Greece*. Online draft version 15 January 2022. URL: <https://www.lichensofgreece.com/flora.html> (Accessed 05 February 2022).
- Bendiksby M., Mazzoni S., Jørgensen M. H., Halvorsen R., Holien H.** 2014. Combining genetic analyses of archived specimens with distribution modelling to explain the anomalous distribution of the rare lichen *Staurolemma omphalarioides*: long-distance dispersal or vicariance? *Journal of Biogeography* 41: 2020–2031. DOI: 10.1111/jbi.12347
- Bilovitz P. O., Mayrhofer H.** 2011. Catalogue of the lichenized and lichenicolous fungi of Bosnia and Herzegovina. *Phyton (Horn, Austria)* 51(1): 1–67.
- Gardes M., Bruns T. D.** 1993. ITS primers with enhanced specificity for basidiomycetes – application to the identification of mycorrhizae and rusts. *Mol. Ecol.* 2(2): 113–118. DOI: 10.1111/j.1365-294X.1993.tb00005.x
- Jørgensen P. M.** 2007. Collemataceae. In: T. Ahti, P. M. Jørgensen, H. Kristinsson, R. Moberg, U. Søchting, G. Thor (eds.). *Nordic Lichen Flora*. Vol. 3. Uppsala: Nordic Lichen Society. Pp. 14–42.
- Jørgensen P. M.** 2010. New discoveries in the lichen genus *Staurolemma* Körber. *Nova Hedwigia* 90(1–2): 153–159. DOI: 10.1127/0029-5035/2010/0090-0153
- Jørgensen P. M., Henssen A.** 1993. *Physma omphalarioides* – its taxonomic position and phytogeography. *Graphis Scripta* 5(1): 12–17.
- Katoh K., Standley D. M.** 2013. MAFFT Multiple Sequence Alignment Software Version 7: Improvements in Performance and Usability. *Mol. Biol. Evol.* 30(4): 772–780. DOI: 10.1093/molbev/mst010
- Kinalioğlu K.** 2009. Lichens from the Amasya, Çorum, and Tokat regions of Turkey. *Mycotaxon* 109: 181–184. DOI: 10.5248/109.181
- Malíček J., Bouda F., Konečná E., Šipman H., Vondrák J.** 2021. New country records of lichenized and non-lichenized fungi from Southeastern Europe. *Herzogia* 34(1): 38–54. DOI: 10.13158/hea.34.1.2021.38
- Moon K. H.** 1999. Lichens in Mt. Sorak. *Journ. Hattori Bot. Lab.* 86: 187–220.
- Nimis P. L.** 2022. *ITALIC – The Information System on Italian Lichens*. Version 7.0. University of Trieste, Dept. of Biology. URL: <https://dryades.units.it/italic> (Accessed 20 January 2022).
- Seaward M. R. D., Šipman H. J. M., Schultz M., Maassoumi A. A., Haji Moniri Anbaran M., Sohrabi M.** 2004. A preliminary lichen checklist for Iran. *Willdenowia* 34(2): 543–576. DOI: 10.3372/wi.34.34218
- Wedin M., Wiklund E., Jørgensen P. M., Ekman S.** 2009. Slippery when wet: phylogeny and character evolution in the gelatinous cyanobacterial lichens (Peltigerales, Ascomycetes). *Molecular Phylogenetics and Evolution* 53: 862–871. DOI: 10.1016/j.ympev.2009.08.013
- White T. J., Bruns T. D., Lee S. B., Taylor J. W.** 1990. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. In: M. A. Innis, D. H. Gelfand, J. J. Sninsky, T. J. White (eds.). *PCR Protocols: A Guide to Methods and Applications*. New York: Academic Press. Pp. 315–322.