

***Pholiota mucigera* (Strophariaceae, Agaricales, Basidiomycota) –
первая находка в России**

М. А. Паламарчук, Д. В. Кириллов, Д. М. Шадрин

Институт биологии Коми научного центра УрО РАН, Сыктывкар, Россия

Автор для переписки: М. А. Паламарчук, palamarchuk@ib.komisc.ru

Резюме. Приводятся сведения о первой находке в России *Pholiota mucigera* из национального парка «Койгородский» (Республика Коми, северо-восток европейской части России). От других видов рода *P. mucigera* отличается отсутствием цистид, а также наличием мелких спор, не имеющих поры прорастания. Вид развивается на древесине *Populus tremula* и приурочен к старовозрастным, ненарушенным смешанным лесам. Для изученного образца были получены и депонированы в международную базу GenBank нуклеотидные последовательности ITS и LSU.

Ключевые слова: биоразнообразие, ДНК-штрихкодирование, микобиота, национальный парк «Койгородский», особо охраняемые природные территории, Республика Коми.

***Pholiota mucigera* (Strophariaceae, Agaricales, Basidiomycota) – the first record in Russia**

М. А. Palamarchuk, D. V. Kirillov, D. M. Shadrin

Institute of Biology of Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Syktyvkar, Russia

Corresponding author: M. A. Palamarchuk, palamarchuk@ib.komisc.ru

Abstract. The article presents information about the first finding of *Pholiota mucigera* in Russia from the Koygorodskiy National Park (Komi Republic, north-east of the European part of Russia). It differs from other species of the genus *Pholiota* by the absence of cystidia and the presence of small spores without germ pore. The species is associated with old-growth, undisturbed mixed forests and grows on *Populus tremula* wood. For the studied specimen, ITS and LSU sequences were obtained and deposited in the international GenBank database.

Keywords: biodiversity, DNA barcoding, mycobiota, Koygorodskiy National Park, specially protected natural areas, Komi Republic.

Род *Pholiota* (Fr.) P. Kumm. — широко распространенный род агарикоидных базидиомицетов из семейства Strophariaceae Singer et A. H. Sm., который включает 150–157 видов (Kirk et al., 2008; He et al., 2019). Плодовые тела представителей данного рода колибиоидного или трихоломатоидного типа, часто с желтыми оттенками в окраске, растущие преимущественно группами. Шляпка до 20 см в диам., чешуйчатая, слизистая или клейкая, не гигрофанная, желтая или коричневая, редко беловатая или красноватая. Пластинки приросшие или приросшие небольшим нисходящим зубцом, светло-желтые до темно-бурых или ржаво-коричневых. Ножка цилиндрическая с кольцом или кольцевой зоной. Споровый порошок ржаво-коричневый (Jacobsson, 2012). Микроскопически виды рода характеризуются гладкими, овальными до яйцевидными спорами, чаще с порой прорастания; пилеипеллис иксокутис, реже кутис; цистиды присутствуют или отсутствуют; пряжки имеются (Jacobsson, 2012). Представители рода являются сапротрофами на древесине, реже паразитами. Растут

на стволах мертвых или живых деревьев, валяе, реже на почве и на месте старых кострищ. В России было известно 48 видов из рода *Pholiota* (Bolshakov et al., 2021).

В 2023 г. во время полевых работ по изучению видового разнообразия грибов на территории национального парка (НП) «Койгородский» (Республика Коми, северо-восток европейской части России) был собран образец из рода *Pholiota* с очень слизистыми плодовыми телами, растущими большой группой в комлевой части пня *Populus tremula* L. На основании морфологических признаков он был определен как *Pholiota mucigera* Holec et Niemelä, который ранее не приводился для России.

Цель данной работы — дополнить и уточнить морфологические характеристики, сведения о распространении и экологии редкого вида *Pholiota mucigera* на основе его первой для России находки из Республики Коми.

Материал и методы

Материалом для данной статьи послужил образец рода *Pholiota*, собранный на территории Койгородского р-на Республики Коми

в границах НП «Койгородский» в 2023 г. Собранный материал гербаризировали согласно стандартной методике (Gerbarное..., 1995; Ivoilov *et al.*, 2017). Макроскопические характеристики плодовых тел описывали в полевых условиях или вскоре после сбора. Идентификацию собранного материала осуществляли в отделе флоры и растительности Севера Института биологии Коми НЦ УрО РАН. Микроструктуры изучали на высушенном материале с использованием микроскопов Olympus CX43 и стандартного набора реактивов (5%-ый раствор КОН, Мельцера для определения амилоидной и декстриноидной реакции). Размеры всех микроструктур оценивали не менее чем по 30 измерениям с образца. В описании спор коэффициент Q определен как отношение длины споры к ее ширине, звездочкой (*) помечено его среднее значение. Изученный образец хранится в коллекции грибов гербария Института биологии Коми НЦ УрО РАН (SYKOf).

Тотальную ДНК из высушенного образца выделяли с помощью набора «ДНК-Экстран-3» (Синтол, Россия), в соответствии с инструкцией производителя. Полимеразную цепную реакцию (ПЦР) проводили в 50 мкл смеси, содержащей 10 мкл Screen Mix (Евроген, Россия), по 10 мкл каждого праймера (0.3 мкМ) (Евроген, Россия), 18 мкл ddH₂O (Панэко, Россия) и 2 мкл ДНК-матрицы (1–100 нг). Последовательности ITS1-5.8s-ITS2 яДНК (ITS) амплифицировали с использованием пары праймеров — ITS-1F (5'-CTTGGTCAATTTAGAGGAAGTAA-3') и ITS-4B (5'-TCCTCCGCTATGATATGC-3') общепринятых для базидиальных грибов (Gardes, Bruns, 1993). Нуклеотидные последовательности LSU яДНК амплифицировали с использованием пары праймеров LROR (5'-ACCCGCTGAACTTAAGC-3') и LR5 (5'-ATCCTGAGGAACTTC-3') для грибов (Vilgalys, Hester, 1990).

Амплификация ITS и LSU нуклеотидных последовательностей включала предварительную денатурацию в течение 4 мин при температуре 94 °С и далее 35 циклов, включающие: денатурацию 60 с при температуре 94 °С, отжиг праймеров 60 с при меняющейся температуре от 50 °С до 72 °С и элонгацию 60 с при температуре 72 °С, с окончательной элонгацией 7 мин при температуре 72 °С. Продукты реакции амплификации разделяли методом электрофореза в 1.3%-м агарозном геле в 1 × TAE (трисацетатном) буферном р-ре с бромистым этидием, для визуализации использовали

трансиллюминатор UVT-1 (Биоком, Москва). В качестве маркера длины фрагментов ДНК использовали 100 bp Ladder DNA marker (100 bp–1000 bp) (Евроген, Россия). Для очистки полученного продукта реакции амплификации использовали набор ColGen (Синтол, Россия). Концентрацию ДНК и ПЦР продуктов измеряли на флуориметре Qubit 3 (Invitrogen, США). Секвенирование проводилось с использованием набора реагентов GenSeq (Синтол, Россия) согласно инструкции производителя на генетическом анализаторе «Нанофор 05» (Синтол, Россия).

Нуклеотидные последовательности редактировали вручную в программном пакете MEGA11 (Tamura *et al.*, 2021). Полученные в результате работ нуклеотидные последовательности *Pholiota mucigera* были депонированы в международную базу GenBank под номерами PP919055 (для ITS последовательности) и PP919054 (для LSU последовательности). В качестве сравнительного материала были использованы общедоступные ITS и LSU последовательности образцов представителей рода *Pholiota*, взятые из международной базы GenBank NCBI (2024).

Молекулярно-генетические исследования проводили с использованием оборудования ЦКП «Молекулярная биология» Института биологии Коми НЦ УрО РАН.

Результаты и обсуждение

Ниже приводится описание изученного образца.

***Pholiota mucigera* Holec et Niemelä, 2000, *Annales Botanici Fennici* 37(2): 80. (Fig. 1)**

Шляпка 8–10 см в диам., выпуклая, покрыта толстым слоем прозрачной слизи, в центре желто-коричневая, далее бледно-желто-коричневая, к краю почти белая. В центре шляпка с небольшими рыжевато-коричневыми, желтовато-коричневыми пятнами, без чешуек. Пластинки частые, приросшие зубцом, бежевые, светло-коричневые. Ножка до 17 см дл., 1–1.5 см толщ., беловатая, покрыта желто-коричневыми слизистыми нечеткими поясками.

Базидии 22–27 × 5–7.2 мкм, булабовидные, четырехспоровые. Споры (5.0)5.2–6.5(6.8) × (3.1)3.3–3.8(4.2) мкм, яйцевидные, реже эллипсоидные, иногда с небольшим сужением в средней части, слегка бобовидные, охристо-коричневые в КОН, толстостенные, слегка декстриноидные, без поры прорастания;

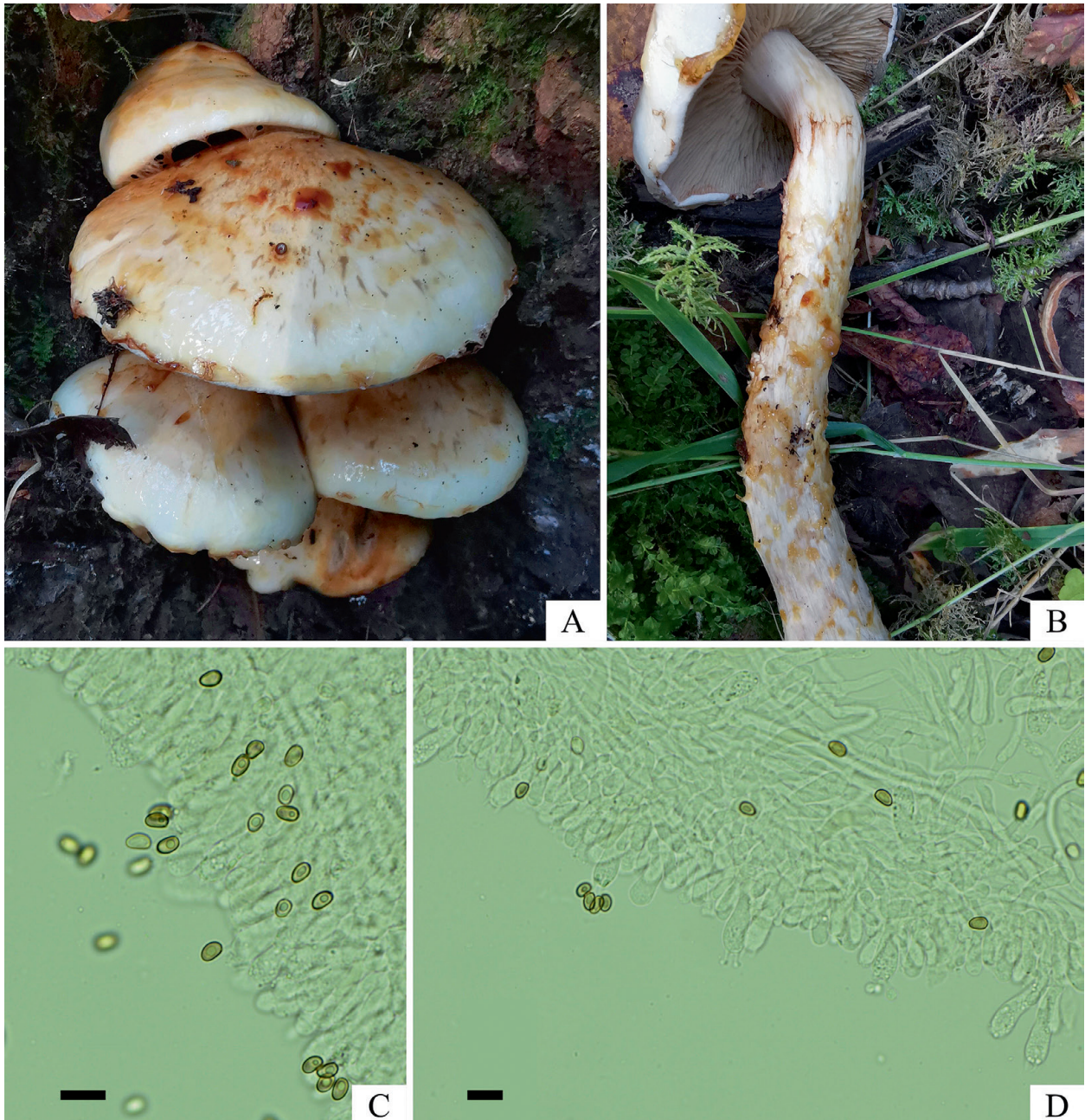


Fig. 1. *Pholiota mucigera* (SYKOf 4637).

A, B – basidiomata / плодовые тела; C – basidiospores / споры; D – gill edge with basidia / край пластинки с базидиями.

Scale bars / масштабные линейки: 10 μm .

$Q = 1.4\text{--}1.8$, $Q^* = 1.6$. Цистиды отсутствуют. Гифы с пряжками. Пилеипеллис иксокутис.

Изученный образец: **Россия**, Республика Коми, Койгородский р-н, НП «Койгородский», окр. туристической стоянки «Грань», 59.78895°N, 50.26210°E, 154 м над ур. м., смешанный (*Picea obovata* Ledeb., *Betula* sp., *Populus tremula*, *Abies sibirica* Ledeb., *Sorbus aucuparia* L.) папоротниково-зеленомошный лес, на комлевой части пня *Populus tremula*, группой, 13 IX 2023, Паламарчук, SYKOf 4637 (GenBank ITS – PP919055, LSU – PP919054).

Нами были получены и депонированы в GenBank нуклеотидные последовательности

ITS (PP919055) и LSU (PP919054) для изученного образца *Pholiota mucigera* из Республики Коми. В общедоступных базах данных (GenBank NCBI, BOLD Systems) депонирована единственная нуклеотидная последовательность LSU (MK278462) образца *P. mucigera* из Финляндии, который хранится в гербарии Национального музея Чехии (PRM842992) и является изотипом (Holec, Niemelä, 2000). Депонированная нами последовательность ITS оказалась первой для данного вида.

Морфологические признаки собранного нами образца практически полностью соответствуют описанию вида из Финляндии (Holec, Niemelä, 2000). Небольшое отличие отмечено только в отсутствии у голотипа *Pholiota mucigera* слизистых поясков на ножке, возможно, это связано с более сухими погодными условиями при его сборе. Также у образца из Республики Коми более выражены пятна на шляпке. Микропризнаки голотипа и изученного образца полностью схожи. Таким образом, на основании морфологического анализа можно с уверенностью отнести образец из Республики Коми к *P. mucigera*.

Отсутствие у *Pholiota mucigera* цистид, а также наличие мелких спор, не имеющих поры прорастания, делают этот вид легко идентифицируемым таксоном. Все другие известные на сегодняшний день виды рода *Pholiota* имеют цистиды (Smith, Hesler, 1968; Jacobsson, 2012). На первый взгляд, в полевых условиях *P. mucigera* может быть принят за *P. lenta* (Pers.) Singer. Однако базидиомы последнего более светлые, почти белые, без отчетливого желто-коричневого оттенка в окраске шляпки и менее слизистые.

Pholiota mucigera описан в 2000 г. с юга центральной части Финляндии из старовозрастного ненарушенного елового леса с многочисленной примесью *Populus tremula*, а также с большим количеством валежа *P. tremula*, *Pinus sylvestris* L., *Picea obovata* и *Betula* sp. (Holec, Niemelä, 2000). Базидиомы развивались на комлевой части упавшего старого крупномерного ствола *Populus tremula* (Holec, Niemelä, 2000). Наш образец был найден в схожем местообитании. Участок леса, в котором были собраны базидиомы *Pholiota mucigera* на территории Республики Коми, находится в старовозрастном ненарушенном смешанном лесу с преобладанием *Picea obovata* и примесью *Betula* sp., *Populus tremula*, *Abies sibirica*, *Sorbus aucuparia* и большим количеством валежа. Плодовые тела развивались группой в комлевой части высокого пня старого крупного дерева *Populus tremula*.

Находка *Pholiota mucigera* в Республике Коми является первым указанием данного вида для территории России. Ранее он был известен из двух местонахождений в Европе: одна находка в Финляндии из типового местообитания и одна — в Австрии (Holec, Niemelä, 2000; Staatliche..., 2024). За прошедшую четверть века с момента описания вида он обнаружен лишь в третий раз. Таким образом, предположение,

высказанное Holec и Niemelä (2000) о том, что вид чрезвычайно редок и приурочен только к старовозрастным лесам, подтверждается и нашими данными. Находка *P. mucigera* на территории НП «Койгородский» свидетельствует о высокой значимости данной особо охраняемой территории для сохранения уникальных ненарушенных сообществ, являющихся местообитанием редких видов грибов.

Таким образом, находка *Pholiota mucigera* на северо-востоке России (Республика Коми) дополняет сведения о его распространении, и свидетельствует о более широком ареале вида на территории Европы, чем предполагалось ранее.

Благодарности

Работа выполнена в рамках государственного задания Института биологии Коми НЦ УрО РАН «Оценка эколого-ценотического, видового и популяционного разнообразия растительного мира ключевых особо охраняемых природных территорий Республики Коми» (№ 122040600026-9).

Вклад авторов. Д. В. Кириллов — анализ молекулярных данных, подготовка фототаблицы, написание статьи; М. А. Паламарчук — сбор и определение образца, анализ данных, написание статьи; Д. М. Шадрин — молекулярно-генетическое исследование образца, редактирование статьи. Все авторы прочитали и согласны с окончательным представленным вариантом рукописи.

Конфликт интересов. Конфликт интересов авторов не заявлен.

References / Литература

- Bolshakov S., Kalinina L., Palomozhnykh E., Potapov K., Ageyev D., Arslanov S., Filippova N., Palamarchuk M., Tomchin D., Voronina E. 2021. Agaricoid and boletoid fungi of Russia: the modern country-scale checklist of scientific names based on literature data. *Biological Communications* 66(4): 316–325. <https://doi.org/10.21638/spbu03.2021.404>
- Gardes M., Bruns T. D. 1993. ITS primers with enhanced specificity for basidiomycetes — application to the identification of mycorrhizae and rusts. *Molecular Ecology* 2: 113–118. <https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.1993.tb00005.x>
- GenBank NCBI. 2024. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/> (Дата обращения: 17 VI 2024).
- Gerbarное дело: справочное руководство* [The herbarium handbook]. 1995. Kew: 341 p. [*Гербарное дело: справочное руководство*. 1995. Кью: 341 с.].
- He M. Q., Zhao R. L., Hyde K. D., Begerow D., Kemler M., Yurkov A., McKenzie E. H., Raspe O., Kakishima M., Sánchez-Ramírez S. *et al.* 2019. Notes, outline and divergence times of Basidiomycota. *Fungal Diversity* 99: 105–367. <https://doi.org/10.1007/s13225-019-00435-4>

- Holec J., Niemelä T. 2000. *Pholiota mucigera* (Agaricales), a new species from a boreal old-growth forest. *Annales Botanici Fennici* 37(2): 79–83.
- Ivoilov A. V., Bolshakov S. Yu., Silaeva T. B. 2017. *Izuchenie vidovogo raznoobraziya makromitsetov* [Study of species diversity of macromycetes]. Saransk: 160 p. [Ивойлов А. В., Большаков С. Ю., Силаева Т. Б. 2017. *Изучение видовой разнообразия макромицетов*. Саранск: 160 с.].
- Jacobsson S. 2012. *Pholiota* P. Kumm. *Funga Nordica. Agaricoid, boletoid, clavarioid, cyphelloid and gastroid genera. 2nd ed.* Copenhagen: 955–962.
- Kirk P. M., Cannon P. F., Minter D. W., Stalpers J. A. 2008. *Dictionary of the Fungi. 10th ed.* Wallingford, UK: 566 p.
- Smith A. H., Hesler L. R. 1968. *The North American species of Pholiota*. New York: 402 p.
- Staatliche Naturwissenschaftliche Sammlungen Bayerns. The Fungal, Lichen and Plant Collections at the Herbarium Marburgense. Occurrence dataset <https://doi.org/10.15468/7o2xuw> accessed via GBIF.org. <https://www.gbif.org/occurrence/1851925022> (Date of access: 6 VI 2024).
- Tamura K., Stecher G., Kumar S. 2021. MEGA11: Molecular Evolutionary Genetics Analysis version 11. *Molecular Biology and Evolution* 38: 3022–3027. <https://doi.org/10.1093/molbev/msab120>
- Vilgalys R., Hester M. 1990. Rapid genetic identification and mapping of enzymatically amplified ribosomal DNA from several *Cryptococcus* species. *Journal of Bacteriology* 172: 4239–4246. <https://doi.org/10.1128/jb.172.8.4238-4246.1990>