

DOI: <https://doi.org/10.17816/dv108494>

Обзор



О новой классификации дерматофитов

И.М. Пчелин¹, А.Ю. Сергеев^{2,3}¹ Институт экспериментальной медицины, Санкт-Петербург, Российская Федерация² Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Российская Федерация³ Национальная академия микологии, Москва, Российская Федерация

АННОТАЦИЯ

По результатам последних изменений в классификации, семейство *Arthrodermataceae* может включать уже 9 родов и 79 видов. Дерматофиты, ассоциированные с поверхностными инфекциями человека и животных, относятся к родам *Trichophyton*, *Microsporum*, *Epidermophyton*, в то время как рода *Arthroderma*, *Ctenomyces*, *Guarromyces*, *Lophophyton*, *Nannizzia* и *Paraphyton* представлены преимущественно геофильными видами. Поскольку признаки морфологии и физиологии грибов не являются надёжным критерием классификации, современная система дерматофитов была выстроена на основе филогенетического анализа нуклеотидных последовательностей. В новой классификации дерматофитов закреплён принцип «один гриб — одно название», согласно которому генетически сходные совершенные и несовершенные формы относятся к одним и тем же видам.

На современном этапе развития геносистематики достоверное определение таксономической принадлежности дерматофитов в большинстве случаев требует применения молекулярных методов идентификации, в частности секвенирования ДНК по региону ITS.

В настоящем обзоре мы кратко рассматриваем историю классификации, приводим сводку родового и видового состава дерматофитов с данными по экологии возбудителей, номерами доступа референтных последовательностей региона ITS и ссылками на основные таксономические публикации.

Ключевые слова: дерматофиты; систематика; *Trichophyton*; *Microsporum*; *Epidermophyton*.

Для цитирования:

Пчелин И.М., Сергеев А.Ю. О новой классификации дерматофитов // *Российский журнал кожных и венерических болезней*. 2022. Т. 25, № 2. С. 105–118. DOI: <https://doi.org/10.17816/dv108494>

DOI: <https://doi.org/10.17816/dv108494>

Review

On the new classification of dermatophytes

Ivan M. Pchelin¹, Alexey Yu. Sergeev^{2, 3}¹ Institute of Experimental Medicine, Saint Petersburg, Russian Federation² Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russian Federation³ All-Russian National Academy of Mycology, Moscow, Russian Federation

ABSTRACT

According to the recent changes in the classification of the family Arthrodermataceae, it may already include 9 genera and 79 species. Dermatophytes associated with human and animal infections belong to the genera *Trichophyton*, *Microsporum* and *Epidermophyton*, whereas *Arthroderma*, *Ctenomyces*, *Guarromyces*, *Lophophyton*, *Nannizzia* and *Paraphyton* are mainly represented by geophilic species. Since morphological and physiological traits in fungi cannot provide reliable basis for classification, the modern system of dermatophytes was built on the basis of phylogenetic analysis of nucleotide sequences. The new dermatophyte classification employs the principle of “one fungus, one name”, according to which genetically similar perfect and imperfect forms belong to the same species.

At the current state of genosystematics, the taxonomic identification of dermatophytes in most cases requires the use of molecular methods, in particular, DNA sequencing of the ITS region.

In this review, we briefly outline the history of dermatophyte classification, summarize generic and species composition of the family and provide data on their ecology, accession numbers for reference sequences of ITS region, and references to major taxonomic publications.

Keywords: dermatophytes; classification; *Trichophyton*; *Microsporum*; *Epidermophyton*.

For citation:

Pchelin IM, Sergeev AY. On the new classification of dermatophytes. *Russian journal of skin and venereal diseases*. 2022;25(2):105–118. DOI: <https://doi.org/10.17816/dv108494>

Received: 12.02.2022

Accepted: 06.03.2022

Published: 03.04.2022

ВВЕДЕНИЕ

Дерматофиты, иногда называемые дерматомицетами, — это микроскопические мицелиальные грибы аскомицеты, составляющие семейство Arthrodermataceae порядка Onygenales (тип Ascomycota царства Fungi). Облигатно-патогенные представители семейства обуславливают большую часть заболеваемости грибковыми инфекциями кожи и её придатков у человека [1–3]. За последние три десятилетия классификация дерматофитов была пересмотрена с использованием методов молекулярной филогении, что сделало необходимым применение молекулярных методов для точного описания этиологии дерматофитий, но открыло новые возможности для изучения глобальной эпидемиологии и выявления форм возбудителей, ассоциированных с определёнными видами животных [4–6].

ИСТОРИЯ КЛАССИФИКАЦИИ

Первое описание дерматофита, основанное на клинической картине, датируют 1843 годом, который можно считать точкой отсчёта истории систематики дерматофитов (доклад Gruby о фавусе Парижской академии наук) [7, цит. по 8]. Развитие системы дерматофитов подразделяют на четыре этапа [9]. Патогенетический этап датируется 1843–1895 годами, когда виды описывали исключительно на основании клинической картины инфекции. В этот период стали известны все наиболее распространённые в настоящее время дерматофиты, за исключением *Trichophyton rubrum*. Среди русских врачей и биологов, внёсших свой вклад в изучение дерматофитов на данном этапе, наиболее известны И.И. Верюжский, П.И. Матчерский, П.В. Сорокин [10, 11]. В конце XIX века появились исследования, проведённые на чистых культурах дерматофитов, что определило новый этап, проходивший с 1896 по 1960 годы. Например, первоописание *T. rubrum* 1910 года было сделано на основе размера и формы спор и мицелия на микроскопическом препарате патогенного материала, а также цвета и текстуры колоний на семи питательных средах [12]. Ключевой работой в изучении дерматофитов первой половины XX века считается книга французского дерматолога Сабуро «Les Teignes» (1910) [13], в которой была представлена разветвлённая схема классификации с четырьмя родами дерматофитов, включая *Epidermophyton*, *Microsporum*, *Trichophyton* и *Achorion*. В 1929 году Сабуро опубликовал вариант классификации, в которой род *Achorion* упразднил, а род *Trichophyton* попытался заменить тремя другими таксонами, не удержавшимися в позднейшей номенклатуре [14]. Следующей вехой в классификации стала работа американского миколога Эммонса 1934 года, в которой анаморфные дерматофиты были разделены по строению многоклеточных бесполок

спор (макроконидиев) на три рода: *Epidermophyton*, *Microsporum* и *Trichophyton* [15]. Французские микологи, начиная с Ланжерона и Милошевича, использовали собственную классификацию, включавшую *Trichophyton*, *Ctenomyces*, *Epidermophyton* и *Sabouraudites* [16, 17]. Из русских и советских микологов, изучавших биологическое разнообразие дерматофитов в начале XX века, наиболее известны А.А. Боголепов, И.Ф. Зеленев, М.Г. Мгебров, А.И. Поспелов и Н.А. Черногубов [18]. В середине XX века свой вклад в классификацию дерматофитов внесли отечественные учёные А.Н. Аравийский, А.М. Ариевич, З.Г. Степанищева, О.В. Подвысоцкая, П.Н. Кашкин и Н.Д. Шеклаков. В частности, ими неоднократно подвергалась критике «мономорфистская» классификация Сабуро и зарубежных микологов, представлявшаяся несовершенной в силу выявленной к 1950-м годам значительной изменчивости и плеоморфизма культур дерматофитов, затруднявших их морфофизиологическую классификацию [19–24].

Открытие в 1961 году раздельнополости (гетероталлизма) дерматофитов английским микологом Стокдейл [25] положило начало новому периоду исследований, посвящённых биологической концепции вида (1961–1994 годы). Основным методом стало скрещивание штаммов. С 1986 года все половые стадии дерматофитов, так называемые совершенные формы, или телеоморфы, классифицировались независимо от «несовершенных» форм, или анаморф, из родов *Trichophyton* и *Microsporum* в самостоятельном роде *Arthroderma* [26]. Современный — молекулярный — этап развития систематики дерматофитов начался в 1995 году, когда вышла первая публикация, посвящённая изучению филогении дерматофитов на основании нуклеотидных последовательностей рибосомной ДНК [27]. Суть филогенетического подхода заключается в том, что последовательности геномной ДНК позволяют реконструировать «генеалогию» грибов. Основанные на «генеалогии» классификационные схемы считаются объективными, что делает возможной достоверную идентификацию таксономической принадлежности изолятов с минимальной опорой на ненадёжные признаки морфологии и физиологии. Понимание филогении дерматофитов было сформировано в основных чертах в 1998–2008 годах на основании изучения последовательностей региона внутреннего транскрибируемого спейсера (internal transcribed spacer, ITS) рибосомной ДНК [28]. В настоящее время секвенирование региона ITS сохраняет своё значение как надёжный исследовательский метод определения видовой принадлежности изолятов [29–31]. Значимой датой молекулярного этапа является 2017 год, в котором был зафиксирован отказ от двойной номенклатуры дерматофитов с переописанием рода *Arthroderma* с позиций филогенетического подхода [9].

СОВРЕМЕННЫЕ ПРИНЦИПЫ КЛАССИФИКАЦИИ ДЕРМАТОФИТОВ

Современная характеристика семейства *Arthrodermataceae* указывает, что характерные для совершенной формы грибов плодовые тела у представителей данного таксона шаровидные, с придатками, белые, светло-жёлтые или желтовато-коричневые. Аски (сумки с 8 аскоспорами — половыми спорами аскомицетов) — тонкостенные, прозрачные, от полушаровидных до шаровидных. Аскоспоры — от гиалиновых до бледно-жёлтых, гладкие, мелкие, от сплюснутых до сплюснуто-дисковидных или сплюснуто-выпуклых. Макроконидии крупные и многосегментные. Часто можно наблюдать одноклеточные «сидячие» микроконидии по ходу гиф. В роде *Trichophyton* имеются бесполое виды, не образующие плодовых тел [32].

Классифицирование грибов сегодня проводится путём определения нуклеотидных последовательностей нескольких локусов или полных геномов, построения филогенетических древ и нанесения на такие древа морфологических, физиологических и экологических признаков, а зачастую и клинической картины вызываемых ими заболеваний. Затем группирующиеся на филогенетических древах и обладающие сходными признаками изоляты относят к тому или иному таксону. Дерматофиты являются сложным для изучения объектом, поскольку генетически удалённые формы, например *Trichophyton mentagrophytes* и *Trichophyton benhamiae*, могут обладать схожими морфологическими признаками и экологическими свойствами. И наоборот, практически идентичные с точки зрения генотипа *Trichophyton tonsurans* и *Trichophyton equinum* хорошо различаются по своей эпидемиологии [33]. В связи с этим для выделения видов невозможно использовать условный процент сходства нуклеотидных последовательностей, принятый в бактериологии [34] и вирусологии [35]. Высокотехнологичные методы анализа, такие как полногеномное секвенирование или микросателлитный анализ, позволяют распознавать генетические линии грибов с очень высоким разрешением и часто выявляют размытость видовых границ [36–38]. Пример разумного компромисса между теоретическими результатами и практическими возможностями по видовой идентификации можно найти в работе чешских авторов, которые внутри комплекса видов *T. benhamiae* выявили генетические линии, обладающие самостоятельными морфологическими и эпидемиологическими признаками, но установили видовые названия только для форм, различающихся по последовательностям региона ITS [5].

В систематике дерматофитов большое значение имеет тип биотического резервуара, обеспечивающего выживание популяции гриба. Используется

разделение возбудителей на три экологических класса: антропофильные дерматофиты циркулируют в популяции человека, зоофильные — среди животных, а геофильные обитают в окружающей среде, питаясь мёртвой органической материей. Вызываемые такими возбудителями инфекции называют, соответственно, антропонозными, зоонозными и сапронозными. Дерматофиты всех трёх классов могут вызывать заболевания человека, но, по определению, передача геофильных возбудителей от человека к человеку должна быть неэффективной [39]. Для редких видов, в некоторых случаях описанных по единичным клиническим штаммам, принадлежность к классу зоофилов или геофилов неясна. Вопрос о биотических резервуарах дерматофитов, насколько нам известно, не рассматривался в современной литературе с популяционно-биологической точки зрения. Жизненный цикл возбудителей инфекционных заболеваний может проходить в нескольких хозяевах и в разных средах, и само разделение инфекций на три эпидемиологические группы является архаичным [40]. Именно поэтому экологическая классификация дерматофитов является достаточно условной. При этом во многих случаях основные резервуары возбудителей дерматофитий хорошо установлены, удаётся проследить связь между видами или генетическими линиями дерматофитов и человеком или отдельными видами животных [41].

НОВАЯ НОМЕНКЛАТУРА ДЕРМАТОФИТОВ

Система грибов не регулируется каким-либо одним международным органом. Научное сообщество опирается на таксономические сводки ведущих лабораторий, результаты которых регистрируются в базах данных Index Fungorum и MycoBank. Для дерматофитов такая сводка вышла в 2017 году [9], но многие важные данные были получены после этой даты. Вероятно, некоторые виды должны быть сведены в синонимы [42], и, судя по значительному количеству описаний новых таксонов, вышедших в печать в 2010–2020 годах, часть разнообразия остаётся неизвестной [43–46]. По нашим оценкам, в 2022 году семейство *Arthrodermataceae* включает в себя 9 родов и 79 видов (таблица).

Основное морфологическое отличие *Trichophyton* spp. от двух других наиболее значимых родов — *Microsporium* и *Epidermophyton* — заключается в строении макроконидий. Если у трихофитонов они тонкостенные и гладкие, то у микроспорумов они толстостенные, шиповатые или шероховатые. Единственный известный вид рода *Epidermophyton* — *E. floccosum* — обладает тонкостенными гладкими макроконидиями с характерным тупым дистальным концом [47]. В то же время часть видов, соответствующих по своей морфологии

описанию рода *Trichophyton*, генетически близка представителем рода *Arthroderma* и может быть надёжно определена только по последовательностям ДНК. Отечественные исследования по эпидемиологии поверхностных грибковых инфекций, проведённые с использованием молекулярных методов, пока единичны, и данных по встречаемости дерматофитов на территории современной России явно не хватает. При этом из 25 видов рода *Trichophyton* по меньшей мере 15 неразличимы при использовании стандартных диагностических методов, образуя при этом хорошо очерченные монофилетические группы, что соответствует понятию «комплекс видов» [48]. Недавно мы установили, что дерматофиты комплекса *T. rubrum*, обнаруживаемые у населения Европейской части России при онихомикозе и микозе стоп, относятся к двум генетическим линиям вида *T. rubrum* [49]. Молекулярными методами российскими авторами подтверждено выделение представителей комплексов *T. mentagrophytes* / *T. interdigitale* и *T. benhamiae* [50–52]. Остаётся неизвестным, какая часть изолятов, описываемая как *Microsporum canis*, принадлежит к другим видам рода. К числу преимущественно геофильных родов дерматофитов, введённых или переопределённых в работе G.S. de Hoog с соавт. 2017 года, относятся *Arthroderma*, *Ctenomyces*, *Guarromyces*, *Lophophyton*, *Nannizzia* и *Paraphyton*. Их состав был определён по результатам филогенетического анализа, а единичные достоверные находки на территории РФ относятся к роду *Nannizzia* [52, 53].

СОВРЕМЕННЫЕ РОДА ДЕРМАТОФИТОВ И ИХ ПРЕДСТАВИТЕЛИ

Традиционным для таксономии грибов является указание видовых названий вместе с фамилией автора. Реклассификация может приводить к усложнению описания, а для полной характеристики многообразия сложившейся к началу XXI века номенклатуры видов с учётом исторических синонимов мы рекомендуем открытую базу данных Index Fungorum (<http://www.indexfungorum.org/>).

Trichophyton Malmsten 1848

Колонии в основном пушистые, от белого до желтоватого цвета, с кремовой, коричневой, красной, фиолетовой обратной стороной. Гифы тонкостенные, прозрачные. Таллические макроконидии и микроконидии, если они есть, располагаются на концах или рядом с недифференцированными гифами. Макроконидии двух- или многоклеточные, тонко- и гладкостенные, гиалиновые, цилиндрические или булавовидные до сигаровидных. Микроконидии тонкие и гладкостенные, гиалиновые, одноклеточные,

яйцевидные, от грушевидных до булавовидных. *Trichophyton rubrum* (Castellani) Semon — основной возбудитель дерматофитии стоп и ногтей в России. *Trichophyton mentagrophytes* (Robin) Blanchard и *Trichophyton tonsurans* Malmsten — важные этиологические агенты микоза волосистой части головы. При дифференциации морфологических видов основными признаками являются наличие или отсутствие макроконидий, форма микроконидий, форма мицелия. В состав рода входят следующие комплексы видов:

- комплекс *Trichophyton rubrum*: *Trichophyton rubrum* (Castellani) Semon, *Trichophyton violaceum* Sabouraud, *Trichophyton soudanense* Joyeux, *Trichophyton megninii* Blanchard, *Trichophyton kuryangei* Vanbreuseghem et Rosenthal, *Trichophyton yaoundei* Cochet et Doby-Dubois;
- комплекс *Trichophyton benhamiae*: *Trichophyton benhamiae* (Ajello et Cheng) Gräser et de Hoog, *Trichophyton europaeum* Smokova et Hubka, *Trichophyton japonicum* Smokova et Hubka, *Trichophyton persicum* Rezaei-Matehkolaei, Smokova et Hubka, *Trichophyton spiraliforme* Smokova, Kuklova et Hubka;
- комплекс *Trichophyton mentagrophytes* / *T. interdigitale*: *Trichophyton mentagrophytes* (Robin) Blanchard, *Trichophyton interdigitale* Priestley, *Trichophyton indotineae* Kano et al.;
- комплекс *Trichophyton tonsurans* / *T. equinum*: *Trichophyton tonsurans* Malmsten, *Trichophyton equinum* Gedoelst.

Общее число видов — 25 (см. таблицу).

Microsporum Gruby 1843

Колонии в основном от порошистых до пушистых, от желтоватых до коричневых, с кремовой или коричневой обратной стороной. Гифы тонкостенные, прозрачные. Таллические макроконидии и микроконидии, если они есть, располагаются на пучках параллельно ориентированных гиф. Макроконидии, многоклеточные, толстостенные, шероховатые, (суб)гиалиновые, булавовидные, веретеновидные или сигаровидные. Микроконидии тонко- и гладкостенные, гиалиновые, одноклеточные, булавовидные. Основной вид — *Microsporum canis* (Bodin) Bodin с синонимичным названием *M. equinum* [54], циркулирующий в основном в популяции кошек и вызывающий у человека микозы гладкой кожи и волосистой части головы. Основные морфологические признаки для разделения видов — наличие и форма макроконидий, текстура и цвет колоний. Общее число видов — 3 (см. таблицу). Антропофильный *Microsporum ferrugineum* Ota традиционно выделяется на Дальнем Востоке [55], но в последние годы встречался и в Европе, включая Европейскую часть России [56, 57]. *Microsporum audouinii*, открытый ещё Gruby, встречается в Африке, Западной Европе и США [58].

Таблица. Актуальный на 2022 год список родов и видов дерматофитов

Table. Dermatophyte genera and species as of the year 2022

№	Вид	Экология	Наиболее известные синонимы	Референсная последовательность региона ITS	Таксономические публикации	Обнаружен в России
Род <i>Trichophyton</i>						
1	<i>T. africanum</i>	*	Африканская раса <i>Arthroderma benhamiae</i>	LR794140	[5]	-
2	<i>T. benhamiae</i>	3	Анаморфа <i>A. benhamiae</i>	LR794129	[5]	[50, 52]
3	<i>T. bullosum</i>	3	-	LR794143	[5]	-
4	<i>T. concentricum</i>	A	-	LR794126	[5]	-
5	<i>T. equinum</i>	3	-	KT155643	[37]	[62]
6	<i>T. erinacei</i>	3	-	MH860764	[5]	-
7	<i>T. eriotrephon</i>	*	-	FM992674	[5]	-
8	<i>T. europaeum</i>	3	Анаморфа <i>A. benhamiae</i>	LR794134	[5]	[62]
9	<i>T. indotineae</i>	A	Индийский генотип <i>T. mentagrophytes</i> , <i>T. mentagrophytes</i> Тип VIII	KT192500	[38, 51]	[63]
10	<i>T. interdigitale</i>	A	<i>T. mentagrophytes</i> var. <i>interdigitale</i>	JX122216	[38, 51]	[51]
11	<i>T. japonicum</i>	3	-	LR794132	[5]	-
12	<i>T. kuryangei</i>	A	-	MH858342	[64]	-
13	<i>T. megninii</i>	A	-	MK806665	[64]	-
14	<i>T. mentagrophytes</i>	3	<i>A. vanbreuseghemii</i>	MF926358	[38, 51]	[51]
15	<i>T. persicum</i>	*	-	MW936609	[46]	-
16	<i>T. quinckeanum</i>	3	<i>T. mentagrophytes</i> , <i>T. mentagrophytes</i> var. <i>quinckeanum</i> , <i>T. sarkisovii</i>	JQ407219	[65]	-
17	<i>T. rubrum</i>	A	<i>T. raubitschekii</i> , <i>T. kanei</i> , <i>T. fisheri</i>	KT285224	[36]	[49]
18	<i>T. schoenleinii</i>	A	-	LC375549	[65]	-
19	<i>T. simii</i>	*	<i>A. simii</i> , <i>T. mentagrophytes</i> var. <i>simii</i>	KT155890	[65]	-
20	<i>T. soudanense</i>	A	<i>T. gourvilii</i>	MF926374	[36]	-
21	<i>T. spiraliforme</i>	*	-	MW936628	[46]	-
22	<i>T. tonsurans</i>	A	-	KT155650	[37]	[62]
23	<i>T. verrucosum</i>	3	-	LR890161	[5]	[62]
24	<i>T. violaceum</i>	A	-	MF926370	[36]	[62]
25	<i>T. yaoundei</i>	*	-	MK806613	[36]	-
Род <i>Microsporum</i>						
1	<i>M. audouinii</i>	A	-	JN134145	[66]	-
2	<i>M. canis</i>	3	<i>M. equinum</i>	JN134129	[66]	[52]
3	<i>M. ferrugineum</i>	A	-	JN134137	[66]	[52]

Таблица. Продолжение

Table. Continuation

№	Вид	Экология	Наиболее известные синонимы	Референсная последовательность региона ITS	Таксономические публикации	Обнаружен в России
Род <i>Arthroderma</i>						
1	<i>A. amazonicum</i>	З	-	LR136967	[67]	-
2	<i>A. chiloniense</i>	*	-	LR136985	[67]	-
3	<i>A. ciferrii</i>	Г	-	AJ007844	[67]	-
4	<i>A. crocatum</i>	*	-	LR136969	[67]	-
5	<i>A. cuniculi</i>	Г	-	KT155926	[67]	-
6	<i>A. curreyi</i>	Г	-	LR136970	[67]	-
7	<i>A. eboreum</i>	*	-	LR136971	[67]	-
8	<i>A. flavescens</i>	Г	-	LR136972	[67]	-
9	<i>A. gertleri</i>	Г	-	LR136973	[67]	-
10	<i>A. gloriae</i>	Г	-	LR814049	[67]	-
11	<i>A. insingulare</i>	Г	-	LR136975	[67]	-
12	<i>A. lenticulare</i>	Г	-	AJ877211	[67]	-
13	<i>A. magnisporum</i>	Г	-	LR756523	[67]	-
14	<i>A. melbournense</i>	*	-	LR756519	[67]	-
15	<i>A. melis</i>	Г	-	AJ877216	[67]	-
16	<i>A. multifidum</i>	Г	-	LR136978	[67]	-
17	<i>A. oceanitis</i>	*	-	LR756524	[67]	-
18	<i>A. onychocola</i>	*	-	HF937405	[67]	-
19	<i>A. phaseoliforme</i>	Г	-	LR136979	[67]	-
20	<i>A. quadrifidum</i>	Г	-	LR136964	[67]	-
21	<i>A. redellii</i>	З	-	KM091307	[67]	-
22	<i>A. silverae</i>	Г	-	LR136980	[67]	-
23	<i>A. terrestre</i>	Г	-	LR756521	[67]	-
24	<i>A. thuringiense</i>	Г	-	AJ877215	[67]	-
25	<i>A. tuberculatum</i>	*	-	LR136981	[67]	-
26	<i>A. uncinatum</i>	Г	-	MH858587	[67]	-
27	<i>A. vespertilii</i>	Г	-	AJ007846	[67]	-
Род <i>Ctenomyces</i>						
1	<i>C. albus</i>	Г	-	MH793455	[68]	-
2	<i>C. obovatus</i>	Г	-	MH793449	[68]	-
3	<i>C. peltricolor</i>	Г	-	MH793458	[68]	-
4	<i>C. serratus</i>	Г	-	LR136982	[68]	-
5	<i>C. vellereus</i>	Г	-	HQ871797	[68]	-
Род <i>Epidermophyton</i>						
1	<i>E. floccosum</i>	А	-	KT155837	[9]	-

Таблица. Окончание

Table. Ending

№	Вид	Экология	Наиболее известные синонимы	Референсная последовательность региона ITS	Таксономические публикации	Обнаружен в России
Род <i>Guarromyces</i>						
1	<i>G. ceretanicus</i>	Г	-	MF926403	[9]	-
Род <i>Lophophyton</i>						
1	<i>L. gallinae</i>	*	<i>Microsporum gallinae</i>	MT703689	[9]	-
Род <i>Nannizzia</i>						
1	<i>N. aenigmatica</i>	*	-	MH378236	[69]	-
2	<i>N. corniculata</i>	Г	-	KT155884	[69]	-
3	<i>N. duboisii</i>	*	-	MF926380	[69]	-
4	<i>N. fulva</i>	Г	-	MF926376	[69]	[52]
5	<i>N. graeserae</i>	Г	-	KY290502	[69]	-
6	<i>N. gypsea</i>	Г	-	KT155732	[69]	-
7	<i>N. incurvata</i>	Г	-	KT155816	[69]	-
8	<i>N. lorica</i>	*	<i>Microsporum racemosum</i>	KT155905	[69]	-
9	<i>N. nana</i>	*	-	KT155868	[69]	-
10	<i>N. perplicata</i>	*	-	LN896332	[69]	-
11	<i>N. persicolor</i>	Г	-	KT155893	[69]	[52]
12	<i>N. polymorpha</i>	*	-	KT155750	[69]	-
13	<i>N. praecox</i>	Г	-	MH378243	[69]	-
Род <i>Paraphyton</i>						
1	<i>P. cookei</i>	Г	-	MF926386	[9]	-
2	<i>P. cookiellum</i>	Г	-	MH861546	[9]	-
3	<i>P. mirabile</i>	3	-	MK298926	[9]	-

Примечание. Условная классификация видов по экологии: А — антропофильные; З — зоофильные; Г — геофильные; * — биотический резервуар неизвестен.

Note: Contingent ecological classification of species: A — anthropophilic; Z — zoophilic; G — geophilic; * — natural environment is unknown.

Epidermophyton Sabouraud 1907

Колонии пушистые, от белого до желтоватого цвета, с кремовым или коричневатым реверзумом. Гифы тонкостенные, гиалиновые. Таллические макроконидии на концах или рядом с недифференцированными гифами, многоклеточные, тонкостенные, гладкостенные или шероховатые, гиалиновые, сигарообразные. Микроконидии отсутствуют. Единственный вид — *Epidermophyton floccosum* (Harz) Langeron et Milochevitch. Выделение на территории современной России не было подтверждено молекулярными методами, но вид обладает характерной морфологией и, несомненно, вносит вклад в этиологию дерматофитий в стране (в частности, паховая эпидермофития).

Arthroderma Berkeley 1860

Колонии в основном от порошистых до пушистых, от желтоватых до коричневатых, с кремовой или коричневой обратной стороной. Гифы тонкостенные, прозрачные. Таллические макроконидии и микроконидии, если они есть, расположены на пучках параллельно ориентированных гиф. Макроконидии многоклеточные, толстостенные, шероховатые, гиалиновые, булавовидные, веретеновидные или сигаровидные. Микроконидии тонко- и гладкостенные, гиалиновые, одноклеточные, булавовидные. Общее число видов — 27 (см. таблицу). Известны в основном из Европы, Северной и Южной Америки. Были выделены из почв, с животных и из клинических случаев. На территории Российской Федерации достоверно обнаружены

Arthroderma cuniculi Dawson (запись Генбанка MN653980) и *Arthroderma multifidum* Dawson (OK484492).

Ctenomyces Eidam 1880

Конидии бородавчатые, толстостенные, слабопигментированные, часто с ампуловидными вздутиями. В основном длиннее 8 мкм. Пять видов, известных в основном из почв Китая (см. таблицу). На территории стран СНГ не обнаружены.

Guarromyces Gräser et de Hoog 2017

Макроконидии бесцветные, гладкостенные и толстостенные, от ланцетных до цилиндрических, многоздельные, сидят рыхлыми скоплениями на субстратных гифах. Микроконидии отсутствуют. Единственный вид — *Guarromyces ceretanicus* (Punsola et Guarro) Gräser et de Hoog, описанный на материале из почв Южной Америки.

Lophophyton Matruchot et Dasonville 1899

Колонии радиальные, порошистые или бархатистые, с коричневатым или красным пигментом. Макроконидии в рыхлых скоплениях, крупные, до 60 мкм длиной, толстостенные и шероховатые, септированные. Микроконидии обнаруживаются. До периода молекулярных исследований единственный вид-представитель был описан под названием *Microsporium gallinae*; возбудитель микозов домашней птицы в Азии.

Nannizzia Stockdale 1961

Колонии в основном пушистые или порошистые, от беловатых до коричневых, с кремовым, коричневым или красным оттенком. Гифы тонкостенные, прозрачные. Таллические макроконидии и микроконидии, если они есть, находятся на пучках расположенных параллельно гиф. Макроконидии двуклеточные или многоклеточные, тонко- и гладкостенные или шероховатые, гиалиновые, цилиндрические или булавовидные до сигарообразных. Микроконидии тонко- и гладкостенные, гиалиновые, одноклеточные, яйцевидные, от грушевидных до булавовидных. Общее число видов — 13, в России были описаны завозные клинические случаи и ветеринарные изоляты [52, 53]. В 2017 году в этот род перенесены виды, ранее известные под родовым названием *Microsporium*: *M. aenygmaticum*, *M. duboisii*, *M. gypseum*, *M. praecox* [9].

Paraphyton Gräser, Dukik et de Hoog 2017

Колонии в основном зернистые, коричневатые, с коричневой обратной стороной колонии. Гифы тонкостенные, прозрачные. Таллические макроконидии и микроконидии, если они есть, располагаются на пучках параллельно ориентированных гиф. Макроконидии многоклеточные, толстостенные, шероховатые, (суб) гиалиновые, булавовидные или сигарообразные. Микроконидии тонко- и гладкостенные, гиалиновые,

одноклеточные, булавовидные. Род был сформирован в 2017 году перенесением ранее известных из Северной Америки, Европы и Африки видов *Microsporium cookei*, *Nannizzia cookiella* и *Arthroderma mirabile*. На территории СНГ и России все эти представители не описаны.

В таблицу включены данные по обнаружению того или иного вида на территории России, подтвержденные секвенированием ДНК. Помимо представленных в таблице 79 видов, в ближайшие годы могут быть описаны (предложены) новые роды и виды кератинофильных грибов, входящие в порядок Onygenales [59], как это происходит с представителями соседних с Arthrodermataceae семейств [60].

Таким образом, классификация дерматофитов, интересных врачам прежде всего в качестве возбудителей наиболее массовых грибковых инфекций человека [61], долгие годы формировалась в основном врачами или медицинскими микробиологами, служа целям диагностики микозов и различения их возбудителей в культуре. В настоящее время эта классификация формируется генетиками и биологами на основании концепций, принятых в современной общей и молекулярной биологии.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

За прошедшие почти 180 лет количество описанных видов и родов дерматофитов то сокращалось, то возрастало. Современная классификация дерматофитов представляется более сложной, чем системы Сабуро или Эммонса, как по количеству родов, так и по наличию внутри родов комплексов видов или выделению внутри одного вида нескольких рас. Не для всех видов в настоящее время могут быть продемонстрированы чёткие фенотипические отличия в культуре. Ряд ранее созданных методов идентификации и различения видов на основании их морфологических, физиологических или биохимических свойств не находит подтверждения на молекулярно-генетическом уровне. В задачи отечественных микологов на современном этапе входит внедрение достоверных методик описания видовой этиологии дерматофитий в разных регионах Российской Федерации. Необходимо также осторожное отношение к эпидемиологическим данным, в которых фигурируют старые описания видов или неполные морфофизиологические характеристики.

ДОПОЛНИТЕЛЬНО

Источник финансирования. Поисково-аналитическая работа проведена на личные средства авторского коллектива.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Вклад авторов. *И.М. Пчелин, А.Ю. Сергеев* — разработка концепции статьи, *И.М. Пчелин* — подготовка чернового варианта рукописи, *А.Ю. Сергеев* — доработка рукописи. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (разработка концепции, подготовка работы, одобрение финальной версии перед публикацией).

ADDITIONAL INFORMATION

Funding source. The analytical research was carried out at the expense of the author's team.

ЛИТЕРАТУРА

- Сергеев В.Ю., Сергеев А.Ю. Дерматофитии: новое в диагностике, терапии и профилактике наиболее распространенных микозов человека // *Дерматология. Приложение к журналу Consilium Medicum*. 2008. № 1. С. 30–35.
- Ameen M. Epidemiology of superficial fungal infections // *Clin Dermatol*. 2010. Vol. 28, N 2. P. 197–201. doi: 10.1016/j.clindermatol.2009.12.005
- Martinez-Rossi N.M., Peres N.T., Bitencourt T.A., et al. State-of-the-art dermatophyte infections: epidemiology aspects, pathophysiology, and resistance mechanisms // *J Fungi*. 2021. Vol. 7, N 8. P. 629. doi: 10.3390/jof7080629
- Taghipour S., Pchelin I.M., Zarei Mahmoudabadi A., et al. Trichophyton mentagrophytes and T interdigitale genotypes are associated with particular geographic areas and clinical manifestations // *Mycoses*. 2019. Vol. 62, N 11. P. 1084–1091. doi: 10.1111/myc.12993
- Čmoková A., Kolařík M., Dobiáš R., et al. Resolving the taxonomy of emerging zoonotic pathogens in the Trichophyton benhamiae complex // *Fungal Diversity*. 2020. Vol. 104, N 1. P. 333–387. doi: 10.1007/s13225-020-00465-3
- Сергеев А.Ю., Бурова С.А., Касихина Е.И. Дерматомикозы в эпоху пандемии // *Иммунопатология, аллергология, инфектология*. 2021. № 1. С. 79–96. doi: 10.14427/jipai.2021.1.79
- Gruby D. Recherches sur la nature, le siège et le développement du Porrigo decalvans ou Phytoalopécie, pochette deséance du 14 août 1843, consultable aux AAS et CRAS, vol. XVII. 1842. P. 301–303.
- Ainsworth G.C. Introduction to the history of medical and veterinary mycology. Cambridge University Press, 1986. 228 p.
- De Hoog G.S., Dukik K., Monod M., et al. Toward a novel multilocus phylogenetic taxonomy for the dermatophytes // *Mycopathologia*. 2017. Vol. 182, N 1-2. P. 5–31. doi: 10.1007/s11046-016-0073-9
- Елинов Н.П. Николай Васильевич Сорокин — основоположник медицинской микологии в России // *Проблемы медицинской микологии*. 1999. Т. 1, № 1. С. 2–8.
- Гусаков Н.И. История отечественной дерматовенерологии. Москва: Авваллон, 2007. 153–169 с.
- Castellani A. Observation on a new species of Epidermophyton found in tinea cruris // *Br J Dermatol*. 1910. Vol. 5. P. 148–150.
- Sabouraud R. Les Teignes. Paris: Masson, 1910.
- Chabasse D., Bouchara J.P. Taxonomie des dermatophytes: de Raymond Sabouraud à nos jours // *Revue Francophone des Laboratoires*. 2022. Vol. 2022, N 539. P. 22–30.
- Emmons C.W. Dermatophytes: natural grouping based on the form of the spores and accessory organs // *Archives Dermatol Syphilol*. 1934. Vol. 30, N 3. P. 337–362.
- Langeron M., Milochevitch S. Morphologie des dermatophytes // *Ann Parasitol Hum Comp*. 1930. Vol. 8, N 3-4. P. 465–508.
- Josserand M., Langeron M., Vanbreuseghem R. Précis de Mycologie, 1952 // *Publications de la Société Linnéenne de Lyon*. 1952. Vol. 21, N 9. P. 231–232.
- Гитман С.М. Библиографический указатель русской дерматологии и венерологии за 1900–1931 гг. Москва: Биомедгиз, 1935.
- Подвысоцкая О.Н., Кашкин П.Н. Руководство по исследованию дерматомицетов. Ленинград-Москва: Медгиз, 1931. 112 с.
- Кашкин П.Н. Изменчивость дерматофитов и перспектива ее дальнейшего изучения // *Вестник дерматологии и венерологии*. 1949. № 3. С. 8–13.
- Кашкин П.Н. Об одном интересном феномене в культурах дерматофитов // *Экспериментальные и клинические исследования*. 1954. № 10. С. 177–178.
- Аравийский А.Н. Исследования советскими микологами патогенных грибов в свете принципов материалистической биологии. Экспериментальные и клинические исследования // *Вопросы дерматомикологии*. 1956. Т. 11. С. 44–47.
- Ариевич А.М., Степанищева З.Г. Атлас грибковых заболеваний кожи. Москва: Медгиз, 1951. 255 с.
- Кашкин П.Н., Шеклаков Н.Д. Руководство по медицинской микологии. Москва: Медицина, 1978. 328 с.
- Stockdale P.M. Nannizzia incurvata gen. nov., sp. nov., a perfect state of Microsporum gypseum (Bodin) Guiart et Grigorakis // *Sabouraudia*. 1961. Vol. 1. P. 41–48. doi: 10.1080/00362176285190101
- Weitzman I., Summerbell R.C. The dermatophytes // *Clin Microbiol Rev*. 1995. Vol. 8, N 2. P. 240–259. doi: 10.1128/CMR.8.2.240
- Harmsen D., Schwinn A., Weig M., et al. Phylogeny and dating of some pathogenic keratinophilic fungi using small subunit ribosomal RNA // *J Med Vet Mycol*. 1995. Vol. 33, N 5. P. 299–303. doi: 10.1080/02681219580000611

28. Gräser Y., Scott J., Summerbell R. The new species concept in dermatophytes—a polyphasic approach // *Mycopathologia*. 2008. Vol. 166, N 5–6. P. 239–256. doi: 10.1007/s11046-008-9099-y
29. Schoch C.L., Seifert K.A., Huhndorf S., et al. Nuclear ribosomal internal transcribed spacer (ITS) region as a universal DNA barcode marker for Fungi // *Proc Natl Acad Sci USA*. 2012. Vol. 109, N 16. P. 6241–6246. doi: 10.1073/pnas.1117018109
30. Diongue K., Brécharde L., Diallo M.A., et al. A comparative study on phenotypic versus ITS-based molecular identification of dermatophytes isolated in Dakar, Senegal // *Int J Microbiol*. 2019. Vol. 2019. P. 6754058. doi: 10.1155/2019/6754058
31. Дьяков Ю.Т., Шнырева А.В., Сергеев А.Ю. Введение в генетику грибов. Москва: Академия, 2005. 304 с.
32. Kandemir H., Dukik K., de Melo Teixeira M., et al. Phylogenetic and ecological reevaluation of the order Onygenales // *Fungal Diversity*. 2022. N 5. P. 23. doi: 10.1007/s13225-022-00506-z
33. Shamsizadeh F., Pchelin I.M., Makimura K., et al. DNA topoisomerase 2 gene polymorphism in dermatophytes // *Mycoses*. 2020. Vol. 63, N 7. P. 694–703. doi: 10.1111/myc.13086
34. Пиневиц, А.В. Микробиология. Биология прокариотов. Т. 1. Санкт-Петербург: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2007.
35. Turner D., Kropinski A.M., Adriaenssens E.M. A roadmap for genome-based phage taxonomy // *Viruses*. 2021. Vol. 13, N 3. P. 506. doi: 10.3390/v13030506
36. Su H., Packeu A., Ahmed S.A., et al. Species distinction in the *Trichophyton rubrum* complex // *J Clin Microbiol*. 2019. Vol. 57, N 9. P. e00352–19. doi: 10.1128/JCM.00352-19
37. Kandemir H., Dukik K., Hagen F., et al. Polyphasic discrimination of *Trichophyton tonsurans* and *T. equinum* from humans and horses // *Mycopathologia*. 2020. Vol. 185, N 1. P. 113–122. doi: 10.1007/s11046-019-00344-9
38. Tang C., Kong X., Ahmed S.A., et al. Taxonomy of the *Trichophyton mentagrophytes* / *T. interdigitale* species complex harboring the highly virulent, multiresistant genotype *T. indotineae* // *Mycopathologia*. 2021. Vol. 186, N 3. P. 315–326. doi: 10.1007/s11046-021-00544-2
39. De Hoog G.S., Ahmed A., Danesi P., et al. Distribution of pathogens and outbreak fungi in the fungal kingdom. In: Seyedmousavi S., de Hoog G., Guillot J., Verweij P., eds. *Emerging and epizootic fungal infections in animals*. Springer, Cham, 2018. doi: 10.1007/978-3-319-72093-7
40. Белов А.Б. Вероятные перспективы развития экологической классификации инфекционных болезней человека по резервуарам возбудителей (взгляд эпидемиолога) // *Эпидемиология и вакцинопрофилактика*. 2013. № 1. С. 6–14.
41. Hubka V., Peano A., Smokova A., Guillot J. Common and emerging dermatophytoses in animals: well-known and new threats. In: S. Seyedmousavi, et al. *Emerging and epizootic fungal infections in animals*. Springer International Publishing AG, 2018. P. 31–79. doi: 10.1007/978-3-319-72093-7_3
42. Пчелин И.М., Сергеев А.Ю. О таксономическом положении видов комплекса *Trichophyton mentagrophytes* // *Иммунопатология, аллергология, инфектология*. 2022. № 1. С. 46–52. doi: 10.14427/jipai.2022.1.46
43. Hubka V., Dobiasova S., Dobias R., Kolařík M. *Microsporium aenigmaticum* sp. nov. from *M. gypseum* complex, isolated as a cause of tinea corporis // *Med Mycol*. 2014. Vol. 52, N 4. P. 387–396. doi: 10.1093/mmy/myt033
44. Lorch J.M., Minnis A.M., Meteyer C.U., et al. The fungus *Trichophyton redellii* sp. nov. causes skin infections that resemble white-nose syndrome of hibernating bats // *J Wildl Dis*. 2015. Vol. 51, N 1. P. 36–47. doi: 10.7589/2014-05-134
45. Sharma R., Shouche Y. *Nannizzia graeserae* sp. nov., a new dermatophyte of geophilic clade isolated from vicinity of a barbershop in India // *Kavaka*. 2018. Vol. 50. P. 14–20.
46. Čmoková A., Rezaei-Matehkolaei A., Kuklová I., et al. Discovery of new *Trichophyton* members, *T. persicum* and *T. spiraliforme* spp. nov., as a cause of highly inflammatory tinea cases in Iran and Czechia // *Microbiol Spectr*. 2021. Vol. 9, N 2. P. e0028421. doi: 10.1128/Spectrum.00284-21
47. De Hoog G.S., Guarro J., Gené J., et al. *Atlas of clinical fungi*, 4th edition. Hilversum, 2020.
48. Chen M., Zeng J., de Hoog G.S., et al. The ‘species complex’ issue in clinically relevant fungi: a case study in *Scedosporium apiospermum* // *Fungal Biol*. 2016. Vol. 120, N 2. P. 137–146. doi: 10.1016/j.funbio.2015.09.003
49. Pchelin I.M., Mochalov Y.V., Azarov D.V., et al. Genotyping of Russian isolates of fungal pathogen *Trichophyton rubrum*, based on simple sequence repeat and single nucleotide polymorphism // *Mycoses*. 2020. Vol. 63, N 11. P. 1244–1254. doi: 10.1111/myc.13162
50. Медведева Т.В., Чилина Г.А., Пчелин И.М., Рублева И.А. Отечественный опыт определения «нового» патогена *Trichophyton benhamiae* // *Успехи медицинской микологии*. 2019. № 20. С. 101–103.
51. Pchelin I.M., Azarov D.V., Churina M.A., et al. Species boundaries in the *Trichophyton mentagrophytes* / *T. interdigitale* species complex // *Med Mycol*. 2019. Vol. 57, N 6. P. 781–789. doi: 10.1093/mmy/myy115
52. Савинов В.А., Овчинников Р.С., Южаков А.Г., и др. Новые виды возбудителей в этиологии дерматофитозов животных-компаньонов в Московском регионе // *Ветеринария, зоотехния и биотехнология*. 2021. № 9. С. 15–25. doi: 10.36871/vet.zoo.bio.202109002
53. Серебрякова И.С., Корнишева В.Г., Раводин Р.А., и др. Микоз кожи, вызванный *Nannizzia incurvata* (ранее *Microsporium incurvatum*): описание редкого клинического случая // *Проблемы медицинской микологии*. 2019. Т. 21, № 1. С. 16–20.
54. Gräser Y., Kuijpers A.F., el Fari M., et al. Molecular and conventional taxonomy of the *Microsporium canis* complex // *Med Mycol*. 2000. Vol. 38, N 2. P. 143–153. doi: 10.1080/mmy.38.2.143.153
55. Kaszubiak A., Klein S., de Hoog G.S., Gräser Y. Population structure and evolutionary origins of *Microsporium canis*, *M. ferrugineum* and *M. audouinii* // *Infect Genet Evol*. 2004. Vol. 4, N 3. P. 179–186. doi: 10.1016/j.meegid.2003.12.004
56. Uhrlaß S., Sitaru C., Scholz C., et al. *Microsporium ferrugineum*: the renaissance of a forgotten dermatophyte. In: Bouchara J.P., Nenoff P., Gupta A.K., et al. *Dermatophytes and Dermatophytoses*. Springer, Cham., 2021. doi: 10.1007/978-3-030-67421-2_11
57. Медведева Т.В., Леина Л.М., Чилина Г.А., и др. Микроспория: современное представление о проблеме (описание клинических случаев и обзор литературы) // *Проблемы медицинской микологии*. 2020. Т. 22, № 2. С. 12–21.
58. Brito-Santos F., Figueiredo-Carvalho M.H., Coelho R.A., et al. *Tinea capitis* by *Microsporium audouinii*: case reports and review

of published global literature 2000–2016 // *Mycopathologia*. 2017. Vol. 182, N 1–2. P. 1053–1060. doi: 10.1007/s11046-017-0181-1

59. Сергеев А.Ю., Сергеев Ю.В. Порядок Onygenales и медицинская микология. В кн.: Новое в систематике и номенклатуре грибов / под. ред. Ю.Т. Дьякова и Ю.В. Сергеева. Москва: Медицина для всех, 2003. 496 с.

60. Sharma R., Shouche Y.S. Diversity of onygenalean fungi in keratin-rich habitats of Maharashtra (India) and description of three novel taxa // *Mycopathologia*. 2020. Vol. 185, N 1. P. 67–85. doi: 10.1007/s11046-019-00346-7

61. Сергеев Ю.В., Бунин В.М., Сергеев А.Ю., и др. Поликлинические микозы // *Кремлевская медицина*. 2010. № 5. С. 24–29.

62. Pchelin I.M., Zlatogursky V.V., Rudneva M.V., et al. Reconstruction of phylogenetic relationships in dermatomycete genus *Trichophyton* Malmsten 1848 based on ribosomal internal transcribed spacer region, partial 28S rRNA and beta-tubulin genes sequences // *Mycoses*. 2016. Vol. 59, N 9. P. 566–575. doi: 10.1111/myc.12505

63. Ларионов М.Д., Чилина Г.А., Богданова Т.В., Пчелин И.М. Редкий клинический случай дерматомикоза гладкой кожи и крупных складок, вызванного грибом *Trichophyton mentagrophytes* экзотического генотипа // *Проблемы медицинской микологии*. 2017. Т. 19, № 2. С. 95.

64. Cornet L., D'hooge E., Magain N., et al. The taxonomy of the *Trichophyton rubrum* complex: a phylogenomic approach // *Microb Genom*. 2021. Vol. 7, N 11. P. 000707. doi: 10.1099/mgen.0.000707

65. Beguin H., Pyck N., Hendrickx M., et al. The taxonomic status of *Trichophyton quinckeanum* and *T. interdigitale* revisited: a multigene phylogenetic approach // *Med Mycol*. 2012. Vol. 50, N 8. P. 871–882. doi: 10.3109/13693786.2012.684153

66. Rezaei-Matehkolaei A., Makimura K., de Hoog G.S., et al. Multilocus differentiation of the related dermatophytes *Microsporum canis*, *Microsporum ferrugineum* and *Microsporum audouinii* // *J Med Microbiol*. 2012. Vol. 61, Pt 1. P. 57–63. doi: 10.1099/jmm.0.036541-0

67. Hainsworth S., Kučerová I., Sharma R., et al. Three-gene phylogeny of the genus *Arthroderma*: basis for future taxonomic studies // *Med Mycol*. 2021. Vol. 59, N 4. P. 355–365. doi: 10.1093/mmy/myaa057

68. Zhang Z.Y., Han Y.F., Chen W.H., Liang Z.Q. Phylogeny and taxonomy of three new *Ctenomyces* (Arthrodermataceae, Onygenales) species from China // *Mycoskeys*. 2019. N 47. P. 1–16. doi: 10.3897/mycokeys.47.30740

69. Dukik K., de Hoog G.S., Stielow J.B., et al. Molecular and phenotypic characterization of *Nannizzia* (Arthrodermataceae) // *Mycopathologia*. 2020. Vol. 185, N 1. P. 9–35. doi: 10.1007/s11046-019-00336-9

REFERENCES

- Sergeev VY, Sergeev AY. Dermatophytology: new in the diagnosis, therapy and prevention of the most common human mycoses. *Dermatology. Appendix J Consilium Medicum*. 2008;(1):30–35. (In Russ).
- Ameen M. Epidemiology of superficial fungal infections. *Clin Dermatol*. 2010;28(2):197–201. doi: 10.1016/j.clindermatol.2009.12.005
- Martinez-Rossi NM, Peres NT, Bitencourt TA, et al. State-of-the-art dermatophyte infections: epidemiology aspects, pathophysiology, and resistance mechanisms. *J Fungi*. 2021;7(8):629. doi: 10.3390/jof7080629
- Taghipour S, Pchelin IM, Zarei Mahmoudabadi A, et al. *Trichophyton mentagrophytes* and *T. interdigitale* genotypes are associated with particular geographic areas and clinical manifestations. *Mycoses*. 2019;62(11):1084–1091. doi: 10.1111/myc.12993
- Čmoková A, Kolařík M, Dobiáš R, et al. Resolving the taxonomy of emerging zoonotic pathogens in the *Trichophyton benhamiae* complex. *Fungal Diversity*. 2020;104(1):333–387. doi: 10.1007/s13225-020-00465-3
- Sergeev AY, Burova SA, Kasikhina EI. Dermatomycoses in the era of pandemic. *Immunopathol Allergol Infectol*. 2021;(1):79–96. (In Russ). doi: 10.14427/jipai.2021.1.79
- Gruby D. Recherches sur la nature, le siège et le développement du Porrigo decalvans ou Phytoalopécie, pochette deséance du 14 août 1843, consultable aux AAS et CRAS, vol. XVII. 1842. P. 301–303.
- Ainsworth GC. Introduction to the history of medical and veterinary mycology. Cambridge University Press; 1986. 228 p.
- De Hoog GS, Dukik K, Monod M, et al. Toward a novel multilocus phylogenetic taxonomy for the dermatophytes. *Mycopathologia*. 2017;182(1-2):5–31. doi: 10.1007/s11046-016-0073-9
- Yelinov NP. Nikolay Vasilyevich Sorokin — the founder of medical mycology in Russia. *Probl Med Mikol*. 1999;1(1):2–8. (In Russ).
- Gusakov NI. History of Russian dermatovenerology. Moscow: Avallton; 2007. P. 153–169. (In Russ).
- Castellani A. Observation on a new species of Epidermophyton found in tinea cruris. *Br J Dermatol*. 1910;5:148–150.
- Sabouraud R. Les Teignes. Paris: Masson; 1910.
- Chabasse D, Bouchara JP. Taxonomie des dermatophytes: de Raymond Sabouraud à nos jours. *Revue Francophone des Laboratoires*. 2022;2022(539):22–30.
- Emmons CW. Dermatophytes: natural grouping based on the form of the spores and accessory organs. *Archives Dermatol Syphilol*. 1934;30(3):337–362.
- Langeron M, Milochevitch S. Morphologie des dermatophytes. *Ann Parasitol Hum Comp*. 1930;8(3-4):465–508.
- Josserand M, Langeron M, Vanbreuseghem R. Précis de Mycologie, 1952. *Publications de la Société Linnéenne de Lyon*. 1952;21(9):231–232.
- Gitman SM. Bibliographic index of Russian dermatology and venereology for 1900–1931 Moscow: Biomedgiz; 1935. (In Russ).
- Podvysotskaya ON, Kashkin PN. Guidelines for the study of dermatomycetes. Leningrad-Moscow: Medgiz; 1931. 112 p. (In Russ).
- Kashkin PN. Variability of dermatophytes and the prospect of its further study. *Bulletin Dermatol Venereoly*. 1949;(3):8–13. (In Russ).
- Kashkin PN. About an interesting phenomenon in dermatophyte cultures. *Experimental Clin Studies*. 1954;(10):177–178. (In Russ).

22. Araviyskiy AN. Studies of pathogenic fungi by Soviet mycologists in the light of the principles of materialistic biology. Experimental and clinical studies. *Questions Dermatromycology*. 1956;(11):44–47. (In Russ).
23. Arievidh AM, Stepanishcheva ZG. Atlas of fungal skin diseases. Moscow: Medgiz; 1951. 255 p. (In Russ).
24. Kashkin PN, Sheklakov ND. Guide to medical mycology. Moscow: Medicine; 1978. 328 p. (In Russ).
25. Stockdale PM. *Nannizzia incurvata* gen. nov., sp. nov., a perfect state of *Microsporium gypseum* (Bodin) Guiart et Grigorakis. *Sabouraudia*. 1961;1:41–48. doi: 10.1080/00362176285190101
26. Weitzman I, Summerbell RC. The dermatophytes. *Clin Microbiol Rev*. 1995;8(2):240–259. doi: 10.1128/CMR.8.2.240
27. Harmsen D, Schwinn A, Weig M, et al. Phylogeny and dating of some pathogenic keratinophilic fungi using small subunit ribosomal RNA. *J Med Vet Mycol*. 1995;33(5):299–303. doi: 10.1080/02681219580000611
28. Gräser Y, Scott J, Summerbell R. The new species concept in dermatophytes—a polyphasic approach. *Mycopathologia*. 2008;166(5–6):239–256. doi: 10.1007/s11046-008-9099-y
29. Schoch CL, Seifert KA, Huhndorf S, et al. Nuclear ribosomal internal transcribed spacer (ITS) region as a universal DNA barcode marker for Fungi. *Proc Natl Acad Sci USA*. 2012;109(16):6241–6246. doi: 10.1073/pnas.1117018109
30. Diongue K, Brécharde L, Diallo MA, et al. A comparative study on phenotypic versus ITS-based molecular identification of dermatophytes isolated in Dakar, Senegal. *Int J Microbiol*. 2019;2019:6754058. doi: 10.1155/2019/6754058
31. Dyakov YT, Shnyreva AV, Sergeev AY. Introduction to the genetics of fungi. Moscow: Academy; 2005. 304 p. (In Russ).
32. Kandemir H, Dukik K, de Melo Teixeira M, et al. Phylogenetic and ecological reevaluation of the order Onygenales. *Fungal Diversity*. 2022;5:23. doi: 10.1007/s13225-022-00506-z
33. Shamsizadeh F, Pchelin IM, Makimura K, et al. DNA topoisomerase 2 gene polymorphism in dermatophytes. *Mycoses*. 2020;63(7):694–703. doi: 10.1111/myc.13086
34. Pinevich AV. Microbiology. Biology of prokaryotes. Vol. 1. St. Petersburg: Publishing House of St. Petersburg University; 2007. (In Russ).
35. Turner D, Kropinski AM, Adriaenssens EM. A roadmap for genome-based phage taxonomy. *Viruses*. 2021;13(3):506. doi: 10.3390/v13030506
36. Su H, Packeu A, Ahmed SA, et al. Species distinction in the *Trichophyton rubrum* complex. *J Clin Microbiol*. 2019;57(9):e00352–19. doi: 10.1128/JCM.00352-19
37. Kandemir H, Dukik K, Hagen F, et al. Polyphasic discrimination of *Trichophyton tonsurans* and *T. equinum* from humans and horses. *Mycopathologia*. 2020;185(1):113–122. doi: 10.1007/s11046-019-00344-9
38. Tang C, Kong X, Ahmed SA, et al. Taxonomy of the *Trichophyton mentagrophytes* / *T. interdigitale* species complex harboring the highly virulent, multiresistant genotype *T. indotineae*. *Mycopathologia*. 2021;186(3):315–326. doi: 10.1007/s11046-021-00544-2
39. De Hoog GS, Ahmed S, Danesi P, et al. Distribution of pathogens and outbreak fungi in the fungal kingdom. In: Seyedmousavi S, de Hoog G, Guillot J, et al. Emerging and epizootic fungal infections in animals. Springer, Cham; 2018. doi: 10.1007/978-3-319-72093-7
40. Belov AB. Probable prospects for environmental classification of infectious diseases of humans based on the reservoir of pathogens (opinion of the epidemiologist). *Epidemiology Vaccination*. 2013;(1):6–14. (In Russ).
41. Hubka V, Peano A, Cmokova A, Guillot J. Common and emerging dermatophytoses in animals: well-known and new threats. In: S. Seyedmousavi, et al. Emerging and epizootic fungal infections in animals. Springer International Publishing AG; 2018. P. 31–79. doi: 10.1007/978-3-319-72093-7_3
42. Pchelin IM, Sergeev AY. On the taxonomic position of species of the *Trichophyton mentagrophytes* complex. *Immunopathol Allergol Infectol*. 2022;(1):46–52. (In Russ). doi: 10.14427/jipai.2022.1.46
43. Hubka V, Dobiasova S, Dobias R, Kolařík M. *Microsporium aenigmaticum* sp. nov. from *M. gypseum* complex, isolated as a cause of tinea corporis. *Med Mycol*. 2014;52(4):387–396. doi: 10.1093/mmy/myt033
44. Lorch JM, Minnis AM, Meteyer CU, et al. The fungus *Trichophyton redellii* sp. nov. causes skin infections that resemble white-nose syndrome of hibernating bats. *J Wildl Dis*. 2015;51(1):36–47. doi: 10.7589/2014-05-134
45. Sharma R, Shouche Y. *Nannizzia graeserae* sp. nov., a new dermatophyte of geophilic clade isolated from vicinity of a barbershop in India. *Kavaka*. 2018;50:14–20.
46. Čmoková A, Rezaei-Matehkolaei A, Kuklová I, et al. Discovery of new *Trichophyton* members, *T. persicum* and *T. spiraliforme* spp. nov., as a cause of highly inflammatory tinea cases in Iran and Czechia. *Microbiol Spectr*. 2021;9(2):e0028421. doi: 10.1128/Spectrum.00284-21
47. De Hoog GS, Guarro J, Gené J, et al. Atlas of clinical fungi, 4th edition. Hilversum; 2020.
48. Chen M, Zeng J, De Hoog GS, et al. The ‘species complex’ issue in clinically relevant fungi: a case study in *Scedosporium apiospermum*. *Fungal Biol*. 2016;120(2):137–146. doi: 10.1016/j.funbio.2015.09.003
49. Pchelin IM, Mochalov YV, Azarov DV, et al. Genotyping of Russian isolates of fungal pathogen *Trichophyton rubrum*, based on simple sequence repeat and single nucleotide polymorphism. *Mycoses*. 2020;63(11):1244–1254. doi: 10.1111/myc.13162
50. Medvedeva T, Chilina GA, Pchelin IM, Rubleva IA. Domestic experience in determining the “new” pathogen *Trichophyton benhamiae*. *Adv Med Mycol*. 2019;(20):101–103. (In Russ).
51. Pchelin IM, Azarov DV, Churina MA, et al. Species boundaries in the *Trichophyton mentagrophytes* / *T. interdigitale* species complex. *Med Mycol*. 2019;57(6):781–789. doi: 10.1093/mmy/myy115
52. Savinov VA, Ovchinnikov RS, Yuzhakov AG, et al. New types of pathogens in the etiology of dermatophytosis of companion animals in the Moscow region. *Veterinary Animal Sci Biotechnol*. 2021;(9):15–25. (In Russ). doi: 10.36871/vet.zoo.bio.202109002
53. Serebryakova IS, Kornisheva VG, Ravodin RA, et al. Skin mycosis caused by *Nannizzia incurvata* (formerly *Microsporium incurvatum*): description of a rare clinical case. *Probl Med Mikol*. 2019;21(1):16–20. (In Russ).
54. Gräser Y, Kuijpers AF, el Fari M, et al. Molecular and conventional taxonomy of the *Microsporium canis* complex. *Med Mycol*. 2000;38(2):143–153. doi: 10.1080/mmy.38.2.143.153
55. Kaszubiak A, Klein S, de Hoog GS, Gräser Y. Population structure and evolutionary origins of *Microsporium canis*, *M. ferrugineum*

and *M. audouinii*. *Infect Genet Evol.* 2004;4(3):179–186. doi: 10.1016/j.meegid.2003.12.004

56. Uhrlaß S, Sitaru C, Scholz C, et al. *Microsporium ferrugineum*: the renaissance of a forgotten dermatophyte. In: Bouchara JP, Nenoff P, Gupta AK, et al. *Dermatophytes and dermatophytoses*. Springer, Cham; 2021. doi: 10.1007/978-3-030-67421-2_11

57. Medvedeva TV, Leina LM, Chilina GA, et al. Microsporida: a modern understanding of the problem (description of clinical cases and literature review). *Probl Med Mikol.* 2020;22(2):12–21. (In Russ).

58. Brito-Santos F, Figueiredo-Carvalho MH, Coelho RA, et al. Tinea capitis by *Microsporium audouinii*: case reports and review of published global literature 2000–2016. *Mycopathologia.* 2017;182(1-2):1053–1060. doi: 10.1007/s11046-017-0181-1

59. Sergeev AY, Sergeev YV. Onygenales order and medical mycology. In: *New in the systematics and nomenclature of fungi*. Ed. by Yu.T. Dyakov, Yu.V. Sergeev. Moscow: Medicine for All; 2003. 496 p. (In Russ).

60. Sharma R, Shouche YS. Diversity of onygenalean fungi in keratin-rich habitats of Maharashtra (India) and description of three novel taxa. *Mycopathologia.* 2020;185(1):67–85. doi: 10.1007/s11046-019-00346-7

61. Sergeev YV, Bunin M, Sergeev AY. Polyclinic mycoses. *Kremlin Med.* 2010;(5):24–29. (In Russ).

62. Pchelin IM, Zlatogursky VV, Rudneva MV, et al. Reconstruction of phylogenetic relationships in dermatomycete genus *Trichophyton* Malmsten 1848 based on ribosomal internal transcribed spacer

region, partial 28S rRNA and beta-tubulin genes sequences. *Mycoses.* 2016;59(9):566–575. doi: 10.1111/myc.12505

63. Larionov MD, Chilina GA, Bogdanova TV, Pchelin IM. A rare clinical case of dermatomycosis of smooth skin and large folds caused by the fungus *Trichophyton mentagrophytes* of an exotic genotype. *Probl Med Mikol.* 2017;19(2):95.

64. Cornet L, D'hooge E, Magain N, et al. The taxonomy of the *Trichophyton rubrum* complex: a phylogenomic approach. *Microb Genom.* 2021;7(11):000707. doi: 10.1099/mgen.0.000707

65. Beguin H, Pyck N, Hendrickx M, et al. The taxonomic status of *Trichophyton quinckeanum* and *T. interdigitale revisited*: a multigene phylogenetic approach. *Med Mycol.* 2012;50(8):871–882. doi: 10.3109/13693786.2012.684153

66. Rezaei-Matehkolaei A, Makimura K, de Hoog GS, et al. Multilocus differentiation of the related dermatophytes *Microsporium canis*, *Microsporium ferrugineum* and *Microsporium audouinii*. *J Med Microbiol.* 2012;61(Pt 1):57–63. doi: 10.1099/jmm.0.036541-0

67. Hainsworth S, Kučerová I, Sharma R, et al. Three-gene phylogeny of the genus *Arthroderma*: basis for future taxonomic studies. *Med Mycol.* 2021;59(4):355–365. doi: 10.1093/mmy/myaa057

68. Zhang ZY, Han YF, Chen WH, Liang ZQ. Phylogeny and taxonomy of three new *Ctenomyces* (Arthrodermataceae, Onygenales) species from China. *MycKeys.* 2019;(47):1–16. doi: 10.3897/mycokeys.47.30740

69. Dukik K, de Hoog GS, Stielow JB, et al. Molecular and phenotypic characterization of *Nannizzia* (Arthrodermataceae). *Mycopathologia.* 2020;185(1):9–35. doi: 10.1007/s11046-019-00336-9

ОБ АВТОРАХ

* Пчелин Иван Михайлович;

адрес: Россия, 197022, Санкт-Петербург,

ул. Акад. Павлова, д. 12;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3062-3316>;

eLibrary SPIN: 9594-5250;

e-mail: arcella.oraia@gmail.com

Сергеев Алексей Юрьевич, д.м.н., профессор;

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9061-1347>;

eLibrary SPIN: 9518-8447;

e-mail: myco@iaci.ru

* Автор, ответственный за переписку

AUTHORS' INFO

* Ivan M. Pchelin, MD;

address: 12 Acad. Pavlov street,

197022 Saint Petersburg, Russia;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3062-3316>;

eLibrary SPIN: 9594-5250;

e-mail: arcella.oraia@gmail.com

Alexey Yu. Sergeev, MD, Dr. Sci. (Med.), Professor;

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9061-1347>;

eLibrary SPIN: 9518-8447;

e-mail: myco@iaci.ru

* The author responsible for the correspondence