

УДК 616.5-002.828:582.288

DOI: 10.14427/jipai.2022.1.46

О таксономическом положении видов комплекса *Trichophyton mentagrophytes*

И.М. Пчелин¹, А.Ю. Сергеев^{2,3}¹ Институт экспериментальной медицины, Санкт-Петербург² Новосибирский государственный университет, Новосибирск³ Национальная академия микологии, Москва

On the taxonomy of dermatophytes belonging to the *Trichophyton mentagrophytes* species complex

I.M. Pchelin¹, A.Y. Sergeev^{2,3}¹ Institute of Experimental Medicine, Saint Petersburg, Russia² Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia³ All-Russian National Academy of Mycology, Moscow, Russia

Аннотация

Грибы из группы видов *Trichophyton mentagrophytes* / *T. interdigitale* являются распространенными возбудителями заболеваний кожи и волос у людей и других млекопитающих. Здесь мы рассматриваем ряд доказательств, подтверждающих признание трех независимых видов в пределах комплекса в свете более поздних противоречивых данных, и делаем вывод, что ни одно из них не является удовлетворительным. В то время как генотипирование региона ITS представляется более практичным по сравнению с видовой идентификацией по фенотипическим или генотипическим признакам, знания об эпидемиологических источниках, географическом распространении и устойчивости к противогрибковым препаратам генетических линий *T. mentagrophytes* / *T. interdigitale* все еще недостаточны.

Ключевые слова

Дерматофитии, микозы, дерматофиты, *Trichophyton*, микоз стоп, микоз гладкой кожи, эпидермофития, трихофития, классификация, эпидемиология, этиология, диагностика.

По мнению большинства современных авторов, *Trichophyton mentagrophytes* и *T. interdigitale* занимают третье место по распространенности среди возбудителей дерматофитии на территории России после *T. rubrum* и *Microsporum canis* [1-6]. Термин «эпидермофития стоп», широко используемый в отечественной литературе ра-

Summary

The fungi from the *Trichophyton mentagrophytes* / *T. interdigitale* species complex are the prevalent causative agents of skin and hair disease in humans and other mammals. Here we review lines of evidence supporting the recognition of three independent species within the complex in the light of more recent contradicting data and conclude that none of them are satisfactory. While ITS region genotyping appears to be more reasonable when compared to species identification, the knowledge on epidemiological sources, regional distribution and antifungal drug resistance of *T. mentagrophytes* / *T. interdigitale* genetic lineages is still incomplete.

Keywords

Fungal skin infection, mycosis, dermatophytes, *Trichophyton*, tinea pedis, tinea corporis, classification, epidemiology, etiology, diagnosis.

нее, должен был характеризовать случаи микоза стоп, обусловленные *T. interdigitale* (старые синонимы *T. mentagrophytes* var. *interdigitale* и *Epidermophyton interdigitale*, или KW — от синонима *Kaufmannwolfia interdigitalis*). Однако последние годы указания на этиологию микоза стоп все чаще выводятся из клинических проявлений,

что привело к отказу от этиологического деления данной нозологии и использованию терминов «микоз стоп» и «дерматофития стоп» без уточнения этиологии отечественными авторами [7, 8]. Случаи зооантропонозного микоза волосистой части головы, обусловленные изолятами с культуральными признаками *T. mentagrophytes* (типичные источники — мелкие грызуны), традиционно относили к трихофитии, а ее возбудитель активно изучается и в российской медицине, и в ветеринарии [9]. Современная классификация этих дерматофитов, принятая в зарубежной литературе, характеризуется наличием полярных точек зрения. С одной стороны, существуют свидетельства генетической рекомбинации между *T. mentagrophytes* и *T. interdigitale*, принимая во внимание высокое морфологическое сходство, их можно рассматривать как единое целое — видовой комплекс [10, 11]. С другой стороны, в 2020 году для генетического варианта *T. mentagrophytes*, характеризующегося высоким процентом изолятов, устойчивых к тербинафину, было предложено новое, третье, видовое название — *T. indotineae* [12]. Поэтому в настоящем обзоре мы поставили себе целью, насколько это возможно, объективно рассмотреть таксономические изменения, предлагаемые в современной литературе на основе исследований генетического разнообразия комплекса *T. mentagrophytes* / *T. interdigitale*.

Согласно классическим представлениям, морфологический вид *T. mentagrophytes* содержит зоофильную и антропофильную (по экологии) формы [13]. Современное понимание *T. mentagrophytes* и *T. interdigitale* было выработано, прежде всего, в результате изучения последовательностей региона внутреннего транскрибируемого спейсера рДНК, ITS. Было показано, что изоляты с морфологией, подходящей под описание «*T. mentagrophytes*», группируются в неродственные генетические кластеры. Зоофильные представители морфологического комплекса были отнесены к видам *T. simii*, *T. benhamiae*, *T. quinckeanum*, *T. erinacei*, *T. europaeum*, *T. japonicum*, *T. mentagrophytes* и *T. spiraliforme*, а антропофильные — к *T. interdigitale* [14-16]. Изоляты, группирующиеся на генетических деревьях с последовательностями типовых штаммов *T. mentagrophytes* и *T. interdigitale*, принадлежат примерно к 17 генотипам (Типам) региона ITS [11]. Для научной коммуникации существует условная классификация генотипов региона ITS *T. mentagrophytes* / *T. interdigitale*, в которой они обозначены римскими цифрами и звездочка-

ми [17, 18]. Для интерпретации литературных данных с точки зрения данной классификации мы в ряде случаев проводили самостоятельный анализ опубликованных нуклеотидных последовательностей региона ITS, используя подход, описанный в работе [18].

Понимание структуры популяции *T. mentagrophytes* / *T. interdigitale* базируется на двух знаковых экспериментальных работах. В первой из них был связан полиморфизм региона ITS изолятов, сходных по морфологии с *T. mentagrophytes*, и их эпидемиологический источник [19]. В комплексе *T. mentagrophytes* / *T. interdigitale*, обозначенном согласно принятой в то время номенклатуре как *T. interdigitale*, изоляты Тип I и II были этиологическими агентами микоза стоп и онихомикоза в 88% и 97% случаев. Изоляты Тип III и Тип III* в основном имели зоофильную природу и были ассоциированы с микозом гладкой кожи человека. Таким образом, было показано, что микоз гладкой кожи и микоз стоп/онихомикоз обусловлены штаммами разного эпидемиологического происхождения. Действительно, анализ аннотаций последовательностей региона ITS из генетической базы данных GenBank, проведенный в начале 2019 года [18], подтвердил, с одной стороны, ассоциацию антропофильных изолятов Тип II с микозом стоп и онихомикозом, и, с другой стороны, связь зоофильных изолятов Тип V, описанных у кошек [20], овец [21] и лошадей [22], с микозом гладкой кожи.

Второе знаковое исследование, результаты которого легли в основу современной таксономической схемы комплекса *T. mentagrophytes* / *T. interdigitale*, было посвящено проблеме принадлежности к одному биологическому виду зоофильных и антропофильных представителей комплекса *T. mentagrophytes* [23]. Чтобы ответить на этот вопрос, авторы осуществили секвенирование ДНК по региону ITS коллекции европейских изолятов. Изоляты Тип II, выделенные из патологического материала от больных с микозом стоп и онихомикозом, стимулировались тестерами Тип III*, но образующивавшиеся плодовые тела не содержали асков со спорами. В выборке из шести изолятов Тип II* и Тип XXIV были культуры, относящиеся к обоим типам спаривания, при скрещивании с тестерами они образовывали гимнотеции со спорами. Все 30 изолятов с последовательностями ITS Тип III и III* реагировали как тип спаривания (+) и так же образовывали плодовые тела. Большая часть изолятов Тип II*, III, III* и XXIV в работе Symoens et al. имела ветеринарное происхождение. Таким образом, в

данной статье *T. interdigitale* был охарактеризован как отдельный бесполой вид, ассоциированный с человеком, с изолятами Тип II, в противоположность зоофильному и половому *T. mentagrophytes* с изолятами Тип II*, III, III* и XXIV. Результаты исследований [19] и [23] были закреплены в новейшей на данный момент таксономической сводке по дерматофитам 2017 года [14].

В то же время, существует немало данных, не укладывающихся в изложенную схему. Уже в исследовании Symoens et al. два штамма, несущие не известный из других исследований генотип ITS "GU646879", изолированные в Швейцарии от человека и от собаки, относившиеся к типу спаривания (+), не стали образовывать фертильные гимнотеции при спаривании с тестерами, что вероятно указывает на наличие физиологических барьеров для полового размножения [23]. В мексиканской серии из 55 изолятов Тип II только 5 из них были выделены от больных с микозом стоп и онихомикозом, что составляет 9%. Остальные 91% изолятов были обнаружены в случаях микозов гладкой кожи и волосистой части головы [24]. Также, изоляты Тип II были описаны из случаев микоза волосистой части головы по меньшей мере в двух других независимых исследованиях [19, 25]. Иными словами, бесполое изоляты могут иметь зоофильную природу и отличаться по генотипу ITS от *T. interdigitale*. Изоляты типичного генотипа *T. interdigitale*, в Европе вызывающие в большинстве случаев микоз стоп и онихомикоз, в других географических областях могут вызывать клинические проявления, идентичные зоонозным инфекциям.

Основным критерием для выделения не изученных в европейских работах 2010-х годов изолятов *T. mentagrophytes* Тип VIII в отдельный вид, *T. indotineae*, стала устойчивость к тербинафину [12], но она проявляется не у всех штаммов этой разновидности [26], и, кроме того, в литературе описаны устойчивые изоляты Тип I [26] и II [27]. Для изолятов генотипа VIII было показано чрезвычайно низкое генетическое разнообразие, один тип спаривания (+) [28] и эффективная антропонозная передача [17, 29, 30], что сближает их с *T. interdigitale*. Однако изоляты Тип VIII были выделены от телят и собаки [30], а случаи ветеринарных инфекций, обусловленных изолятами Тип I и II, насколько нам известно, не зарегистрированы [18].

Также существуют проблемы с разграничением генетических линий. На филогеномных деревьях последовательности изолятов Тип II* ветвятся вместе с последовательностями Тип II

и образуют обособленную ветвь в кроне клады *T. mentagrophytes* / *T. simii* [11]. Исходя из высокого генетического сходства изолятов Тип II* с *T. interdigitale* (Тип II), европейские авторы относят их к этому виду [17], хотя изоляты Тип II* неоднократно выделялись ветеринарными микологами от крыс в Японии и Новой Зеландии [31]. Вслед за Symoens et al. мы относили изоляты Тип II* к *T. mentagrophytes* [18], но это решение также не лишено проблем, поскольку последовательности ITS Тип II и Тип II* отличаются всего одной нуклеотидной заменой. Более того, изоляты упомянутых генотипов практически неразличимы по некодирующим последовательностям геномов. Всё вышеперечисленное свидетельствует о недостаточной изученности структуры популяции комплекса *T. mentagrophytes* / *T. interdigitale*.

Следует заметить, что в определителях, изданных ранее 2011 года, *T. interdigitale*, как правило, рассматривался как вариант *T. mentagrophytes*, и, соответственно, результаты физиологических тестов описывались для обеих форм одинаково, но в 2010-х годах виды комплекса *T. mentagrophytes* были разделены на основании экологических, физиологических и генетических признаков (таблица 1).

Как видно из таблицы 2, ни эпидемиологические, ни физиологические характеристики предлагаемых видов не позволяют провести надежное и очевидное различие между ними, генетическая обособленность является сомнительной, а сведения об их устойчивости к антимикотикам или описанных случаях заражения от разных источников могут оказаться неполными и измениться со временем.

Колонии *T. mentagrophytes* и *T. interdigitale*, выделенные от больных с микозом ногтей (антропонозная инфекция) и полученные от больных животных, также зачастую выглядят одинаково и имеют схожие морфологические признаки и, в первую очередь, округлую форму микроконидий (рис. 1, 2). Кроме того, культуры, классически описываемые как *T. mentagrophytes* (Robin) Blanchard, отличались значительной вариабельностью макроморфологии с выделением «зернистых», «бархатистых», «гипсовых», «узелковых» и других вариантов, вне зависимости от региона выделения, и в том числе – красных изолятов, практически неотличимых от *T. rubrum* на среде Сабуро [32, 39, 40]. Для полноценной дифференциации видов ранее приходилось проводить пересевы на специальные среды и проводить физиологические тесты [32]. Феномены изменчивости и плеоморфизма — т.е. роста белых пушистых культур без спороношения — у дер-

Таблица 1. Основные признаки таксонов в комплексе *T. mentagrophytes* / *T. interdigitale* согласно ранним исследованиям [12, 19, 32-34]

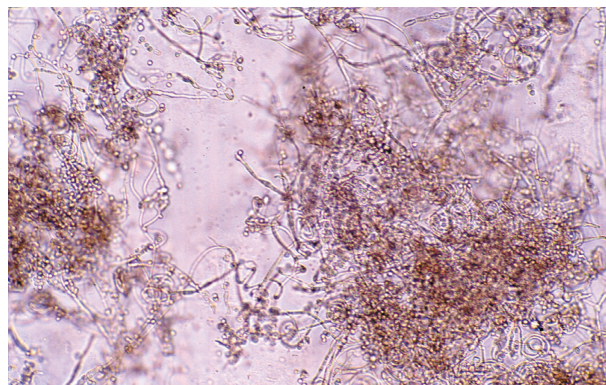
Вид	Типы ITS	Первоначальные данные				
		Экология	Устойчивость	Уреазная активность	Перфорация волоса	Генетическая обособленность
<i>T. mentagrophytes</i>	II*, III, III*, V, 3Ф XXIV, и др.	-	-	+	+	+
<i>T. interdigitale</i>	I, II	АФ	-	+	-	+
<i>T. indotineae</i>	VIII	АФ	+(ТЕР)	-	-	+

Примечание: АФ – антропофильный; 3Ф – зоофильный; ТЕР – тербинафин; н/д – нет данных.

Таблица 2. Основные признаки таксонов в комплексе *T. mentagrophytes* / *T. interdigitale* согласно поздним работам [11, 26, 30, 35-38]

Вид	Типы ITS	Уточненные данные				
		Экология	Устойчивость	Уреазная активность	Перфорация волоса	Генетическая обособленность
<i>T. mentagrophytes</i>	II*, III, III*, V, 3Ф XXIV, и др.	-	-	+,-	+,-	-
<i>T. interdigitale</i>	I, II	АФ	+,- (ТЕР)	+,-	+,-	-
<i>T. indotineae</i>	VIII	АФ, 3Ф	+,- (ИТР, ТЕР, ФЛУ)	+,-	+,-	+

Примечание: АФ – антропофильный; 3Ф – зоофильный; ИТР – итраконазол; ТЕР – тербинафин; ФЛУ – флуконазол.

**Рис. 1. Культура *T. interdigitale*, выделенная из ногтей****Рис. 2. Культура *T. interdigitale*, микроморфология**

матофитов активно обсуждались в советской микологической литературе середины XX века, подрывая мономорфистские концепции вида [40-43]. Известно, что плеоморфные варианты могут возникать практически у всех дерматофитов, что еще в большей степени осложняет оценку результатов культуральной диагностики.

Лабораторная диагностика дерматофитии включает обнаружение возбудителя в патологическом материале. По недавним оценкам, на

практике диагностика чаще всего проводится с использованием наиболее базового лабораторного метода, КОН-микроскопии [7, 44]. Рациональным основанием для уверенности в эффективном лечении все чаще выступает соблюдение рекомендованной схемы назначения препарата, а не клинико-микологический контроль [45]. Вместе с тем установление таксономической принадлежности возбудителя может иметь практическую значимость, поскольку чув-

ствительность к основным противогрибковым препаратам различается на уровне родов, — так, для дерматофитий волосистой части головы, обусловленных *Trichophyton* spp. и *Microsporum* spp. могут назначать разные схемы лечения, например, по причине резистентности *M. canis* к тербинафину [46]. Но как было упомянуто выше, резистентность к тербинафину наблюдается и у трихофитонов. По общепринятой точке зрения, выделение культуры с определением вида трихофитонов оправдано при определении источника инфекции [47, 48]. Важно, что фенотипическое определение видовой принадлежности не позволяет надежно установить эпидемиологический источник инфекций, обусловленных *T. mentagrophytes* / *T. interdigitale* и оптимальную схему лечения. Также необходимы новые исследования эпидемиологии грибов комплекса, в том числе в зоонозных очагах инфекции, проведенные с использованием типирования штаммов по последовательностям региона ITS. Вследствие недостаточности данных по связи эпидемиологических свойств изолятов и их генотипов применение полногеномного секвенирования для диагностики трихофитий и микроспорий, по всей видимости, не оправдано.

Общероссийский мониторинг противогрибковой устойчивости, проводимый с использованием секвенирования ДНК, сделал бы осуществимой оптимизацию терапевтических схем. Для использования таких улучшенных схем потребуется широкое внедрение ПЦР тест-систем в работу микологической службы. С другой стороны, было показано, что устойчивость наиболее проблематичного штамма *T. mentagrophytes* Тип VIII может быть обусловлена разными спектрами мутаций, что указывает на ее независимое многократное возникновение [49]. Поэтому более обоснованным путем решения проблемы резистентной дерматофитии нам представляется введение в повседневную диагностическую практику методов определения чувствительности к антимикотикам [50, 51].

Литература

1. Соколова Т.В., Малярчук А.П., Малярчук Т.А. Результаты многоцентрового исследования по изучению поверхностных микозов кожи в регионах Российской Федерации и оценке эффективности их лечения сертаконазолом. Клиническая дерматология и венерология. 2013; 11: 28–39.
2. Тлиш М.М., Кузнецова Т.Г., Псавок Ф.А. Этиологические особенности онихомикоза в Краснодарском крае. Выбор

Изменения в таксономии и номенклатуре дерматофитов, несоответствие современных концепций вида традиционным методам идентификации и частая недоступность последних делают практически невозможным точный эпидемиологический анализ ситуации по трихофитии, обусловленной *T. mentagrophytes*. Часть сообщений о выделении культур дерматофитов, могущих относиться к данному виду по клинико-эпидемиологическим характеристикам инфекции, содержит упоминания о *T. mentagrophytes* var. *gypseum* или просто *T. gypseum* [52]. Характеристики культур *T. mentagrophytes* российскими ветеринарными микологами в 2017 г. содержат описания кремовых бархатистых колоний, в микропрепарате образующих микроконидии, спиральные гифы и хламидоспоры [53]. В патентной заявке (2015 г.) на метод ПЦР-детекции *T. mentagrophytes* в патологическом материале в одном из двух случаев при неизвестном источнике заражения авторы не представили описания культуры, а в другом — не было ее роста [54], что ставит под вопрос этиологию заболевания.

Приведенные выше обстоятельства вынуждают нас подвергнуть сомнению немногочисленные данные о частоте современной встречаемости инфекции, обусловленной *T. mentagrophytes*, на территории России и Евразии — либо из-за несоответствия методик определения современным представлениям о данном виде, либо по причине отсутствия каких-либо способов точной видовой идентификации вообще. По-видимому, без внедрения надежных методов генодиагностики, большинство случаев выделения культур дерматофитов с гладкой кожи от пациентов без однозначно установленного источника заражения и при отсутствии характерного для *Microsporum* свечения в лучах лампы Вуда, в ближайшие годы придется характеризовать как *Trichophyton* spp. (трихофития). Предложенное зарубежными авторами выделение дополнительных видов, отличных от вида *T. mentagrophytes*, не имеет достаточных генетических и биологических оснований и является, по нашему мнению, нецелесообразным.

метода системной терапии. Вестник дерматологии и венерологии. 2016; 5: 84–89.

3. Хисматулина И.М., Абдрахманов Р.М., Халдеева Е.В. и др. Анализ состава микробиоты при микотическом поражении паховой области. Проблемы медицинской микологии. 2017; 19: 34–36.
4. Белоусова Т.А., Каиль-Горячкина М.В. Дерматофитии стоп: проблемы коморбидности и персонализированный

- выбор терапии. Дерматология. Приложение к журналу Consilium Medicum. 2019; 1: 27–31. DOI: 10.26442/2414353.7.2019.1.190312.
5. Позднякова О.Н., Чебыкин Д.В., Бычков С.Г. Современные особенности эпидемиологии зооантропофильных дерматомикозов, микозов стоп и кистей, онихомикозов в г. Новосибирске. Journal of Siberian Medical Sciences. 2019; 2: 71–78. DOI: 10.31549/2542-1174-2019-2-71-78.
 6. Sergeev A. Current epidemiology of tinea pedis in Russia. International Journal Of Dermatology. 2017; 56(11): 1272.
 7. Соколова Т.В., Малярчук А.П., Малярчук Т.А. Клинико-эпидемиологический мониторинг поверхностных микозов кожи в регионах Российской Федерации. Клиническая дерматология и венерология. 2011; 9(4): 55–64.
 8. Соколова Т.В., Росель К. Выбор рационального подхода к терапии микозов кожи — основа эффективности лечения. Клиническая дерматология и венерология. 2018; 17(2): 17–26. DOI: 10.17116/klinderma201817217-26.
 9. Халдеева Е.В., Лисовская С.А., Глушко Н.И. Микобактерии кожных покровов и шерсти домашних животных как потенциальный источник возбудителей дерматомикозов. Проблемы медицинской микологии. 2019; 21(4): 54–56.
 10. Kawasaki M. Verification of a taxonomy of dermatophytes based on mating results and phylogenetic analyses. Med Mycol J. 2011; 52(4): 291–295. DOI: 10.3314/mmj.52.291.
 11. Pchelin I.M., Azarov D.V., Churina M.A., et al. Species boundaries in the *Trichophyton mentagrophytes* / *T. interdigitale* species complex. Med Mycol. 2019; 57(6): 781–789. DOI: 10.1093/mmy/myy115.
 12. Kano R., Kimura U., Kakurai M., et al. *Trichophyton indotineae* sp. nov.: A new highly terbinafine-resistant anthropophilic dermatophyte species. Mycopathologia. 2020; 185(6): 947–958. DOI: 10.1007/s11046-020-00455-8.
 13. Kwon-Chung K.J., Bennett E.J. Dermatophytosis: medical mycology. Philadelphia: Lea & Febiger; 1992. p. 136–161.
 14. de Hoog G.S., 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.
 15. 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.
 16. 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: e00284-21. DOI: 10.1128/Spectrum.00284-21.
 17. Nenoff P., Verma S.B., Ebert A., et al. Spread of terbinafine-resistant *Trichophyton mentagrophytes* Type VIII (India) in Germany—"The tip of the iceberg?". J Fungi (Basel). 2020; 6(4): 207. DOI: 10.3390/jof6040207.
 18. 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; 62(11): 1084–1091. DOI: 10.1111/myc.12993.
 19. Heidemann S., Monod M., Gräser Y. Signature polymorphisms in the internal transcribed spacer region relevant for the differentiation of zoophilic and anthropophilic strains of *Trichophyton interdigitale* and other species of *T. mentagrophytes* sensu lato. British Journal of Dermatology. 2010; 162(2): 282–295. DOI: 10.1111/j.1365-2133.2009.09494.x.
 20. Moosavi A., Ghazvini R.D., Ahmadikia K., et al. The frequency of fungi isolated from the skin and hair of asymptomatic cats in rural area of Meshkin-shahr-Iran. J Mycol Med. 2019; 29(1): 14–18. DOI: 10.1016/j.mycmed.2019.01.004.
 21. Pérez-Laguna V., Rezusta A., Ramos J.J., et al. Daylight photodynamic therapy using methylene blue to treat sheep with dermatophytosis caused by *Arthroderma vanbreuseghemii*. Small Ruminant Research. 2017; 150: 97–101. DOI: 10.3390/pharmaceutics13081176.
 22. Tartor Y.H., Damaty H.M., Mahmmoud Y.S. Diagnostic performance of molecular and conventional methods for identification of dermatophyte species from clinically infected Arabian horses in Egypt. Veterinary dermatology. 2016; 27(5): 401–e102. DOI: 10.1111/vde.12372.
 23. Symoens F., Jousson O., Planard C., et al. Molecular analysis and mating behaviour of the *Trichophyton mentagrophytes* species complex. Int J Med Microbiol. 2011; 301: 260–266. DOI: 10.1016/j.ijmm.2010.06.001.
 24. Frías-De-León M.G., Martínez-Herrera E., Atoche-Diéguez C.E., et al. Molecular identification of isolates of the *Trichophyton mentagrophytes* complex. Int J Med Sci. 2020; 17(1): 45–52. DOI: 10.7150/ijms.35173.
 25. 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; 2019: 6754058. DOI: 10.1155/2019/6754058.
 26. Moreno-Sabater A., Normand A.C., Bidaud A.L., et al. Terbinafine resistance in dermatophytes: A French multicenter prospective study. J Fungi. 2022; 8(3): 220. DOI: 10.3390/jof8030220.
 27. Hiruma J., Kitagawa H., Noguchi H., et al. Terbinafine-resistant strain of *Trichophyton interdigitale* strain isolated from a tinea pedis patient. J Dermatol. 2019; 46(4): 351–353. DOI: 10.1111/1346-8138.14809.
 28. Singh A., Masih A., Monroy-Nieto J., et al. A unique multidrug-resistant clonal *Trichophyton* population distinct from *Trichophyton mentagrophytes*/*Trichophyton interdigitale* complex causing an ongoing alarming dermatophytosis outbreak in India: Genomic insights and resistance profile. Fungal Genet Biol. 2019; 133: 103266. DOI: 10.1016/j.fgb.2019.103266.
 29. Ларионов М.Д., Чилина Г.А., Богданова Т.В. и др. Редкий клинический случай дерматомикоза гладкой кожи и крупных складок, вызванного грибом *Trichophyton mentagrophytes* экзотического генотипа. Проблемы медицинской микологии. 2017; 19(2): 95.
 30. Jabet A., Brun S., Normand A.C., et al. Extensive dermatophytosis caused by terbinafine-resistant *Trichophyton indotineae*, France. Emerg Infect Dis. 2022; 28(1): 229–233. DOI: 10.3201/eid2801.210883.
 31. Suh S.O., Grosso K.M., Carrion M.E. Multilocus phylogeny of the *Trichophyton mentagrophytes* species complex and the application of matrix-assisted laser desorption/ionization-time-of-flight (MALDI-TOF) mass spectrometry for the rapid identification of dermatophytes. Mycologia. 2018; 110(1): 118–130. DOI: 10.1080/00275514.2018.1443653.
 32. Kane J., Summerbell R., Sigler L. et al. Laboratory handbook of dermatophytes: a clinical guide and laboratory manual of dermatophytes and other filamentous fungi from skin, hair, and nails. Belmont: Star Publishing Company, 1997.
 33. Reiss E., Shadomy H.J., Lyon G.M. Fundamental medical mycology. John Wiley & Sons; 2011: 558–559.
 34. Tan C.S., Hoekstra E.S., Samson R.A. Fungi that cause superficial mycoses. Centraalbureau voor Schimmelcultures, Wageningen 1994, 108 p.
 35. Saunte D.M.L., Hare R.K., Jørgensen K.M., et al. Emerging terbinafine resistance in *Trichophyton*: Clinical characteristics, squalene epoxidase gene mutations, and a reliable EUCAST method for detection. Antimicrob Agents Chemother. 2019; 63(10): e01126-19. DOI: 10.1128/AAC.01126-19.
 36. Klinger M., Theiler M., Bosshard P.P. Epidemiological and clinical aspects of *Trichophyton mentagrophytes*/*Trichophyton interdigitale* infections in the Zurich area: a retrospective study using genotyping. J Eur Acad Dermatol Venereol. 2021; 35(4): 1017–1025. DOI: 10.1111/jdv.17106.

37. 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; 186(3): 315–326. DOI: 10.1007/s11046-021-00544-2.
38. Fattahi A., Shirvani F., Ayatollahi A., et al. Multidrug-resistant *Trichophyton mentagrophytes* genotype VIII in an Iranian family with generalized dermatophytosis: report of four cases and review of literature. *Int J Dermatol*. 2021; 60(6): 686–692. DOI: 10.1111/ijd.15226.
39. Теплиц И.В. К вопросу о дифференциации грибов эпидермофитона Кауфман-Вольф и руброфитона. *Лабораторное дело*. 1957; 2: 49–50.
40. Кашкин П.Н. Изменчивость дерматофитов и перспектива ее дальнейшего изучения. *Вестник дерматологии и венерологии*. 1949; 3: 8–13.
41. Кашкин П.Н. Об одном интересном феномене в культурах дерматофитов. Экспериментальные и клинические исследования. 1954; X: 177–178.
42. Аравийский А.Н. Исследования советскими микологами патогенных грибов в свете принципов материалистической биологии. Экспериментальные и клинические исследования *Вопросы дерматомикологии*. 1956; т. XI: 44–47.
43. Ариевич А.М., Степанищева З.Г. Атлас грибковых заболеваний кожи. М., 1951, 225 с.
44. Saunte D.M.L., Piraccini B.M., Sergeev A.Y., et al. A survey among dermatologists: diagnostics of superficial fungal infections—what is used and what is needed to initiate therapy and assess efficacy? *Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology*. 2019; 33(2): 421–427. DOI: 10.1111/jdv.15361.
45. Сергеев А.Ю., Бузова С.А., Касихина Е.И. Дерматомикозы в эпоху пандемии. *Иммунопатология, аллергология, инфектология*. 2021; 1: 79–96. DOI: 10.14427/jipai.2021.1.79.
46. Aneke C.I., Otranto D., Cafarchia C. Therapy and antifungal susceptibility profile of *Microsporum canis*. *Journal of Fungi*. 2018; 4(3): 107. DOI: 10.3390/jof4030107.
47. 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: 30–35.
48. Hay R.J. *Dermatophytosis (ringworm) and other superficial mycoses*. Mandell, Douglas, and Bennett's principles and practice of infectious diseases. Eighth ed. Philadelphia, PA: Elsevier; 2015: 2985–2994.
49. Burmester A., Hipler U.C., Elsner P. et al. Point mutations in the squalene epoxidase *erg1* and sterol 14- α demethylase *erg11* gene of *T. indotineae* isolates indicate that the resistant mutant strains evolved independently. *Mycoses*. 2022; 65(1): 97–102. DOI: 10.1111/myc.13393.
50. Arendrup M.C., Kahlmeter G., Guinea J. et al. Subcommittee on Antifungal Susceptibility Testing (AFST) of the ESCMID European Committee for Antimicrobial Susceptibility Testing (EUCAST). How to perform antifungal susceptibility testing of microconidia-forming dermatophytes following the new reference EUCAST method E.Def 11.0, exemplified by *Trichophyton*. *Clin Microbiol Infect*. 2021; 27(1): 55–60. DOI: 10.1016/j.cmi.2020.08.042.
51. Saunte D., Pereiro-Ferreirós M., Rodríguez-Cerdeira C., et al. Emerging antifungal treatment failure of dermatophytosis in Europe: take care or it may become endemic. *J Eur Acad Dermatol Venereol*. 2021; 35: 1582–1586. DOI: 10.1111/jdv.17241.
52. Степанова Ж.В. Заболеваемость трихофитией и ошибки в диагностике. *Успехи медицинской микологии*. 2007; 10: 143.
53. Андреева А.В., Николаева О.Н. Культурально-морфологические свойства дерматофитов *T. verrucosum* и *T. mentagrophytes*. *Успехи медицинской микологии*. 2017; 17: 11–12.
54. Мавзютов А.Р., Ефимов Г.Е., Никаноров Ю.М., и др. Способ специфической детекции *Trichophyton mentagrophytes* в клиническом материале при различных клинических формах заболевания. Патент № 2563619 С1 РФ, МПК G01N 33/68, C12Q 1/68. Заявл. 17.06.2014, опубл. 20.09.2015.

Сведения об авторах

Пчелин Иван Михайлович – Лаборатория инновационных методов микробиологического мониторинга, НОЦ «Молекулярные основы взаимодействия микроорганизмов и человека», НЦМУ «Центр персонализированной медицины», Институт экспериментальной медицины, 197022 Санкт-Петербург, Россия. E-mail: arcella.oraia@gmail.com, тел. +79500437671.

Сергеев Алексей Юрьевич – д.м.н., профессор Новосибирского государственного Университета, Национальная Академия Микологии. E-mail: myco@iaci.ru.

Поступила 25.01.2022 г.