

Т. В. ТЕПЛЯКОВА

ГРИБНАЯ ЛИЛИПУТИЯ —

Собирая в осеннем лесу крепенькие боровики, мы не задумываемся, что имеем дело не с самими грибами, а лишь с их плодовыми телами, пусть и крупными. Систематически все грибы относятся к микроорганизмам, и огромное большинство из них действительно можно увидеть невооруженным глазом лишь когда они образуют колонии, разрастаясь на подходящем субстрате. Этот огромный, невидимый микрокосм окружает нас. Вы найдете грибы везде: в воздухе и почве, в домах и на музейных экспонатах, и даже — в обычном утреннем бутерброде...

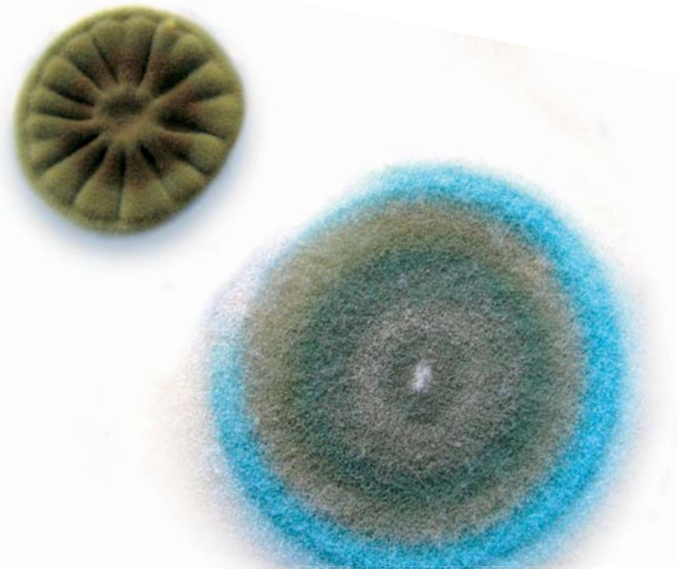
Ключевые слова: грибы, микромицеты, фитопатогены, колонии, паразиты, хищники, спороношение.
Key words: fungi, micromycetes, phytopathogens, colonies, parasites, predators, sporulation



ОТ ПАРАЗИТОВ ДО ХИЩНИКОВ

ТЕПЛЯКОВА Тамара Владимировна — доктор биологических наук, профессор, заведующая лабораторией микологии ФГУН ГНЦ ВБ «Вектор» Роспотребнадзора (Кольцово, Новосибирская обл.).
 Сфера научных интересов: биологические средства защиты растений и животных; разработка противовирусных препаратов на основе съедобных и лекарственных грибов.
 Автор и соавтор более 150 печатных работ, в том числе 2 монографии, 9 авторских свидетельств и патентов





В рассевах проб атмосферного воздуха были идентифицированы представители 18 родов микромицетов, не считая неопознанных



Среди высших организмов грибы составляют отдельное обширное царство*. Систематики выделяют в нем два отдела: слизевые грибы – Мухомусота, и собственно грибы (истинные грибы) – Еумусота, которые, в свою очередь, подразделяются на шесть классов. Неспециалисту разобраться во всех классификационных тонкостях грибного разнообразия невозможно, да и не нужно. К тому же и сами микологи для удобства делят все грибы, независимо от их систематической принадлежности, на две группы, согласно размерам – микро- и макромицеты.

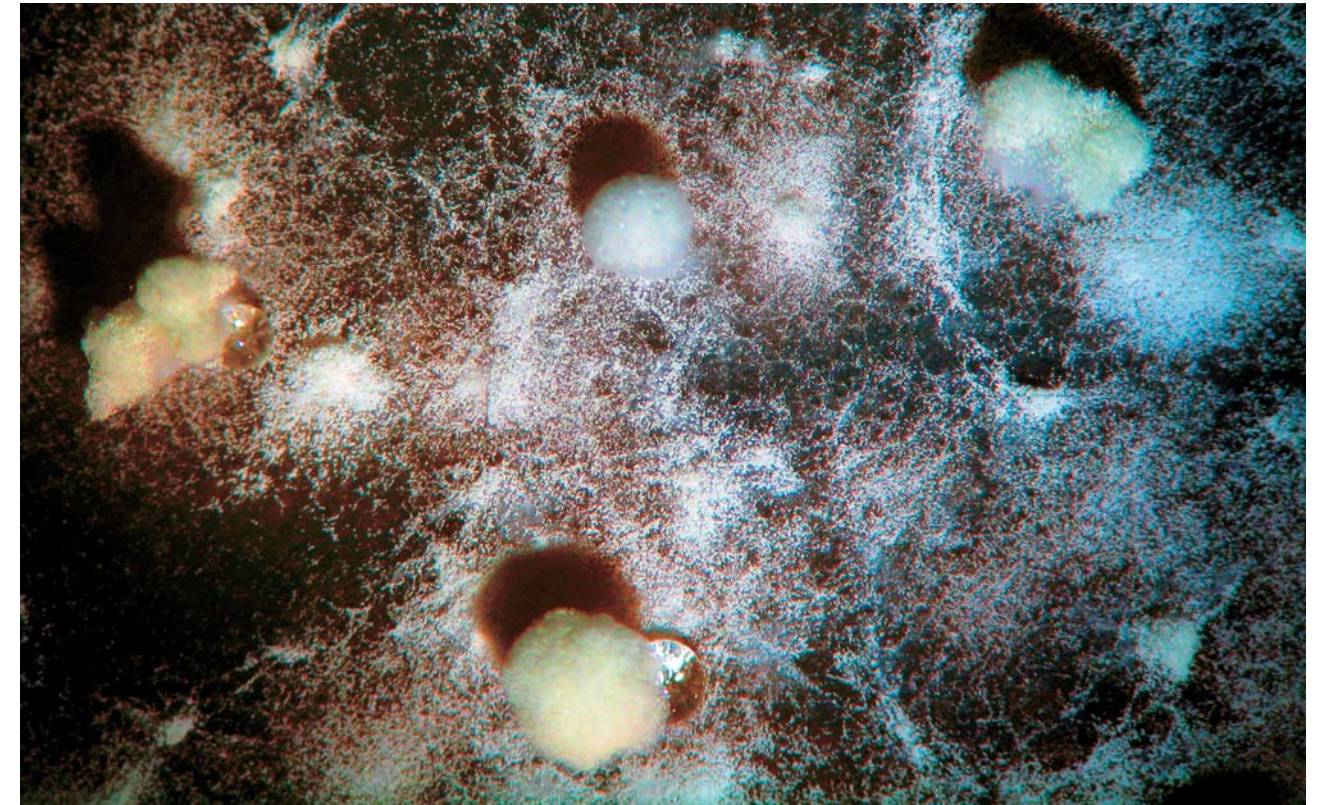
Микромицеты (от греч. *mikros* – маленький и *mykes* – гриб) оправдывают свое название: большинство из них можно увидеть лишь с помощью микроскопа. Однако, разрастаясь на подходящем субстрате, микромицеты могут становиться видимыми невооруженным глазом, образуя всем известные «плесени». При этом они никогда не образуют крупных плодовых тел, как, например, шляпочные грибы, широко используемые в кулинарии и медицине.

Однако человек давно научился использовать в своих целях и эти малозаметные и не всегда презентабельные создания. Виноделие, хлебопечение – примеры первых биотехнологий, где нашли применение дрожжи, одноклеточные представители обширного класса сумчатых грибов (к этому же классу относятся сморчки и знаменитые трюфели). В историю сыроварения яркую страницу вписали грибы р. *Penicillium*, представители которого придают острый вкус и голубой мраморный окрас знаменитому рокфору. Этот же род открыл новую эру в лечении тяжелых бактериальных инфекций, дав миру антибиотики.

Сначала человек использовал дикие штаммы, но затем с помощью селекции, а потом и достижений генетики удалось получить высокоэффективные штаммы микромицетов, которые сегодня широко используются не только для получения вин, сыра и антибиотиков, но также органических кислот, ферментов, витаминов, кормовых добавок и т. п. Микроскопические грибы стояли и у истоков разработки биологических средств защиты растений от насекомых-вредителей, болезней и сорняков.

Но у каждой медали есть две стороны. Так, среди микромицетов есть много видов, способных вызывать различные заболевания у растений, животных и человека. Фактором риска для здоровья человека считается присутствие в жилых помещениях спор грибов родов *Aspergillus*, *Cladosporium* и *Penicillium*, поскольку некоторые их представители могут вызывать серьезные

* См. «НАУКА из первых рук». 2010. № 33 (3). С. 104–113



заболевания (*микозы*) либо аллергии (Иванова и др., 2007; Кононенко и др., 2008). Патогенные и аллергенные виды микроскопических грибов выделяют даже из музейного воздуха и выставочных экспонатов (Богомолова и др., 2007).

Таким образом, и полезные, и вредные для человека микроскопические грибы находятся прямо рядом с нами: в почве, воздухе, на стенах домов и т. п. Эти микроорганизмы, как показывают исследования, являются неотъемлемыми структурными и функциональными компонентами любых наземных экосистем.

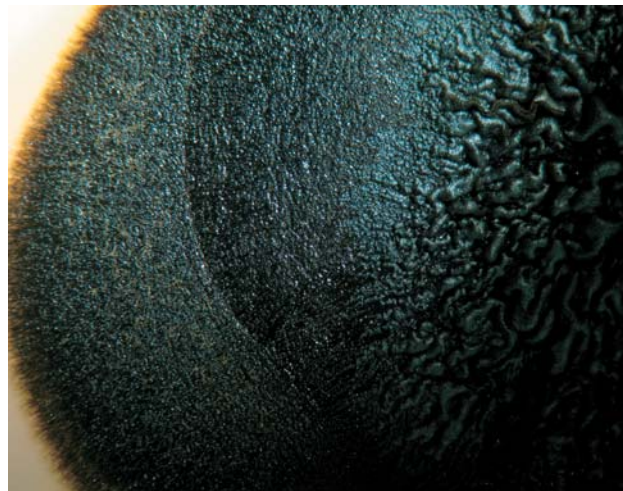
Прямо из воздуха

Чтобы убедиться в вездесущности микромицетов, достаточно посмотреть результаты биологического мониторинга атмосферного аэрозоля юга Западной Сибири, который был проведен сотрудниками нескольких научных подразделений ГНЦ ВБ «Вектора» (Сафатов, Теплякова и др., 2009).

Среди грибов, обнаруженных в рассевах проб атмосферного воздуха, были идентифицированы представители 18 родов, не считая неопознанных. Доминирующими являются грибы родов *Aspergillus*, *Penicillium*, *Cladosporium* и *Alternaria* – все эти потенциально опасные для здоровья человека виды грибов

Микроскопические грибы – одни из самых вездесущих высших (эукариотических) организмов. Вверху – колония энтомопатогенного гриба *Beauveria bassiana* из рассевов атмосферного воздуха





Колонии микроскопических грибов из рассевов атмосферного воздуха поражают разнообразием и причудливостью своей формы и окраски

глаза и т. д.; именно этот пигмент в большом количестве образуется в нашей коже под действием ультрафиолетовых лучей. Но одним загаром его функции не ограничиваются: меланин не только является регулятором процессов клеточного метаболизма, но и играет роль универсального протектора при действии на клетку физико-химических факторов мутагенной и канцерогенной природы (Борщевская и др., 1999).

В настоящее время в Беларуси уже производится мази от кожных заболеваний, в которых используется меланин, полученный из грибов (Литвинов и др., 2008). Занимаются грибными меланинами и иркутские исследователи (Огарков и др., 2008).

Среди грибов, часто встречающихся в рассевах и представляющих интерес для медицинской биотехнологии, хочется выделить р. *Aureobasidium*. На основе одного из видов этого рода в той же Беларуси уже начато промышленное производство нового плазмозамещающего вещества (Литвинов и др., 2008).

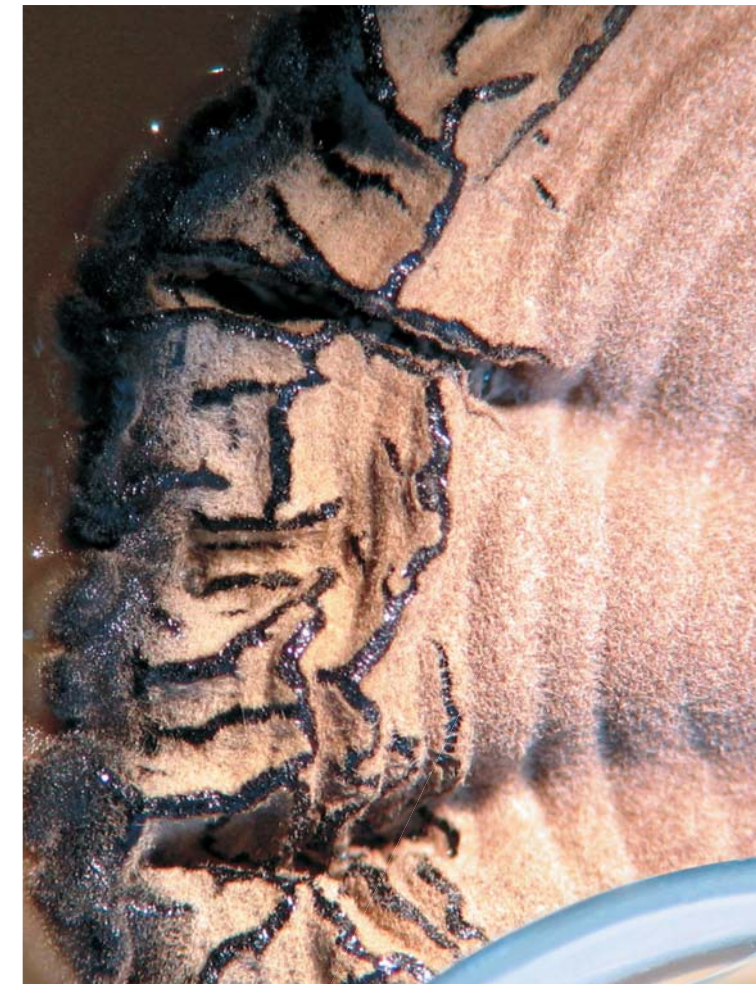
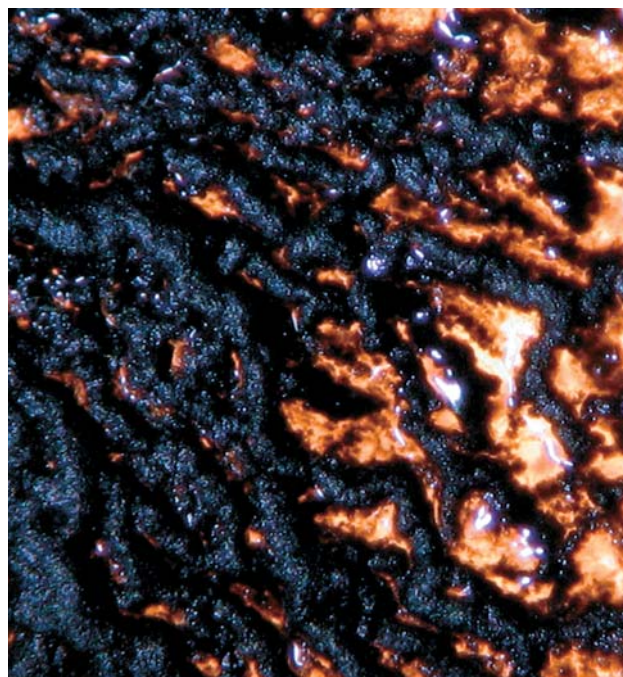
Многие грибы-микромикеты содержат темный пигмент меланин и являются потенциальными продуцентами этого биологически активного вещества.

Внизу – колония и почкующиеся конидии гриба р. *Aureobasidium* из рассева пробы воздуха. Световая микроскопия

характерны и для других регионов СНГ, от Аджарии до Санкт-Петербурга (Иванова и др., 2007; Верулидзе и др., 2008). Представители еще пяти родов являются фитопатогенными, т. е. вызывают заболевания у растений.

Однако в рассевах проб атмосферного воздуха обнаружались и колонии грибов, являющиеся потенциальными продуцентами различных биологически активных веществ. Например, темноокрашенные грибы, содержащие меланин, споры которых, как оказалось, присутствовали во всех пробах атмосферного воздуха.

Как известно, меланин (от греч. *melanos* – черный) – широко распространенный в природе темный пигмент, содержащийся в эпидермисе, волосах, сетчатке



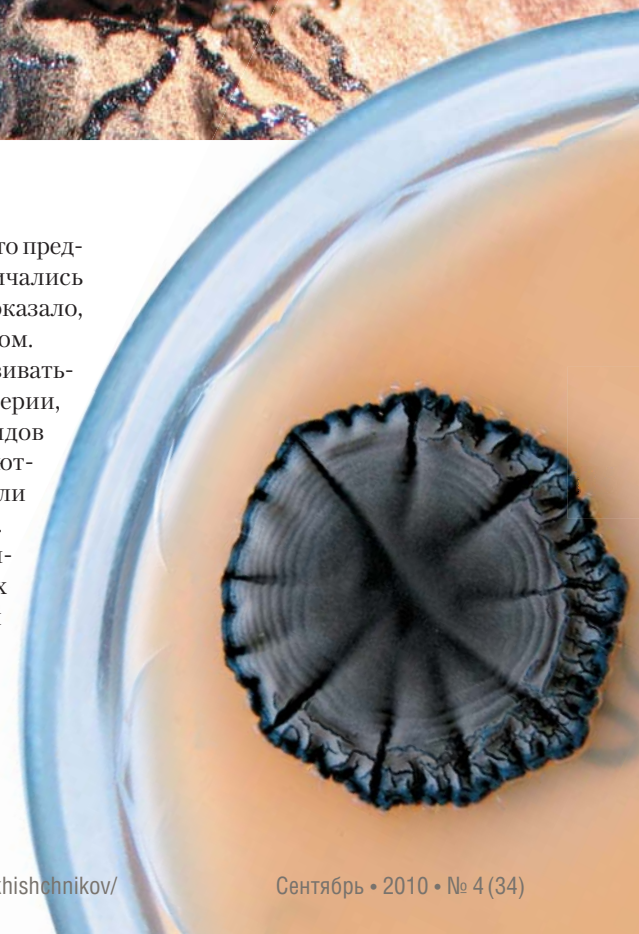
За чужой счет

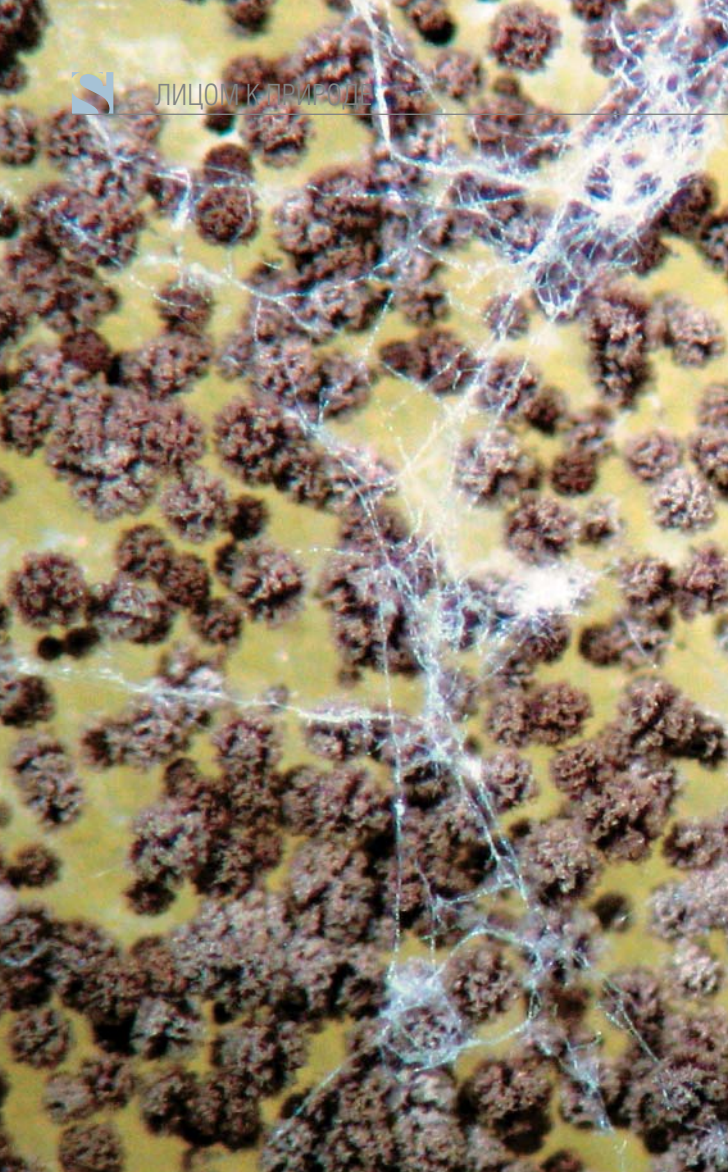
Колонии грибов, выросшие из рассевов атмосферного воздуха, часто представляли собой смесь из колоний двух и более видов, которые различались по форме и цвету. Внимательное исследование под микроскопом показало, что часто имело место паразитирование одного вида гриба на другом.

Термин «микотрофия» обозначает способность организма развиваться в природе за счет грибов. Микотрофными бывают вирусы, бактерии, актиномицеты... Но все эти организмы превосходят по числу видов и паразитической активности сами грибы, которые так и называются – микофилы. Численность этой группы, куда входят представители почти всех классов грибов, достигает 2 тыс. видов (Рудаков, 1981).

Микотрофные грибы широко распространены в разных климатических зонах и во всех местообитаниях: в воде, почве, на плодовых телах и в мицелии макроскопических грибов, на поверхности и внутри мицелия различных микромикетов и т. д. Эти грибы играют в природных экосистемах важную роль: они способствуют разложению и минерализации грибных остатков и ограничивают численность популяций других грибов.

Микофилы являются естественными врагами фитопатогенных грибов, поэтому их используют в практике биологической защиты





родных или культивируемых грибов. Например, практически все штаммы съедобных грибов-базидиомицетов, отобранные в 1950–1970-е гг. для промышленного культивирования в целях получения грибной биомассы, оказались микофильными гифомицетами.

В результате культивирования таких штаммов породило ошибочные представления, что в глубинной культуре базидиомицетов образуются мутанты с несвойственным высшим грибам типом спороношения. Поскольку грибная биомасса, полученная в результате такого культивирования, не имела ожидаемого вкуса и аромата, это отрицательно сказалось на развитии исследований в области глубинного культивирования съедобных грибов (Бухало, 1998).

В результате исследований удалось установить, что микофильные грибы могут присутствовать в культурах многих съедобных и лекарственных грибов длительное время в форме мицелия (т. е. гифа паразита сохраняется в гифе базидиомицета) (Теплякова, 1999). Причем их присутствие в пересеваемых колониях долгое время может не проявляться – обнаружить его можно только при исследовании образцов под микроскопом.

Однако иногда гриб-паразит может получить преимущественное развитие. И специалист-миколог, не знакомый с особенностями жизнедеятельности микофильных грибов, не всегда может разобраться с причиной массового размножения другого гриба,

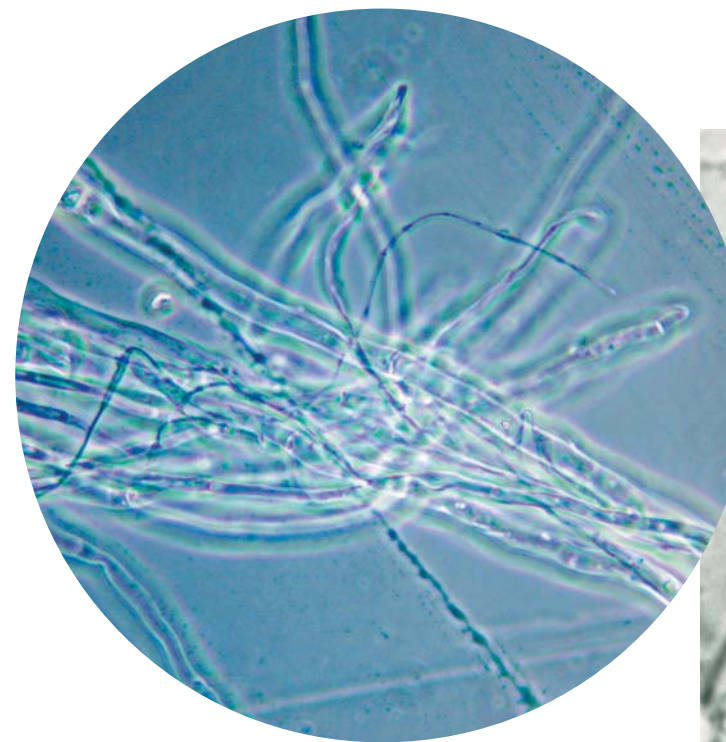
Белая «паутина» на поверхности колонии гриба р. *Aspergillus* – мицелий паразитического микофильного гриба. Внизу – гифа микофильного гриба внутри кондиеносца *Aspergillus*. Световая микроскопия



растений. Например, продуцентами биопрепаратов являются грибы р. *Trichoderma*, *Ampelomyces* и др. С другой стороны, микофилы представляют серьезную угрозу для культивируемых съедобных грибов – достаточно упомянуть белую гниль шампиньона, вызываемую грибом *Mycogone perniciosa*. Урожайность грибной культуры при таком заражении снижается вдвое и более.

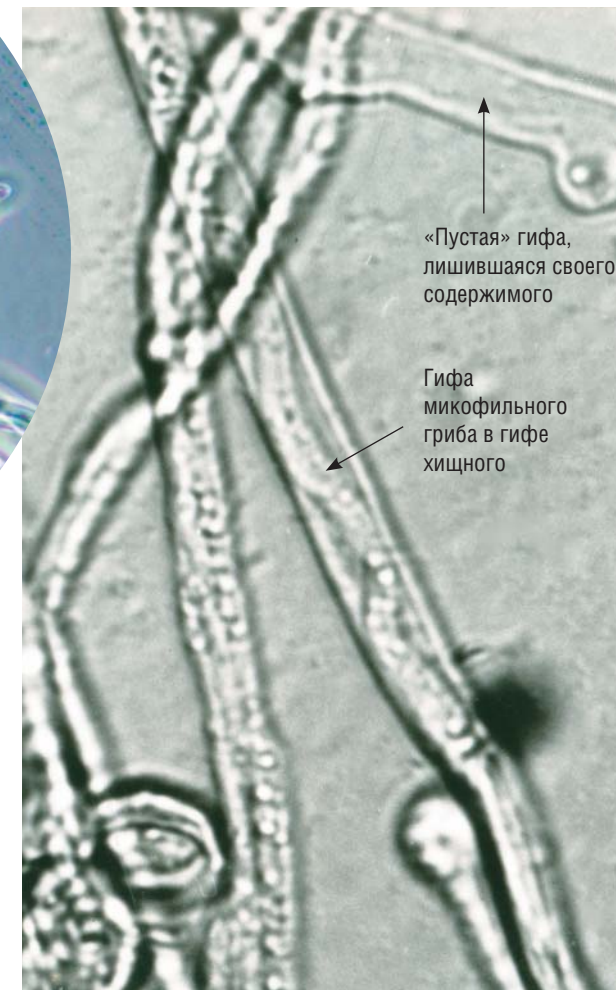
Паразитические грибы могут играть отрицательную роль и в ряде других случаев, связанных с культивированием грибов: при поддержании коллекций грибных штаммов, когда колонии пересеваются на новые питательные среды; при производстве коммерческого мицелия. Стоит добавить, что развитие в России промышленного грибоводства привело к появлению большого числа лабораторий по производству посевного мицелия. И не секрет, что в таких лабораториях зачастую нет даже микроскопа, и вся оценка роста и качества мицелия проводится визуально, по цвету колоний и скорости зарастания среды.

Грибы-микофилы представляют особую опасность при выделении тканевых и споровых культур из при-



Жертвами микофильного гриба могут становиться как мирные грибы-базидиомицеты, так и хищные гифомицеты.

Вверху – микофильный гриб (тонкие гифы) в культуре лекарственного гриба – чаги. Справа – гифы микофильного гриба *Cephalosporium* внутри гиф хищного нематофагового гриба *Arthrobotrys oligospora*



а не культивируемого. Чаще всего это явление объясняется недостаточной стерильностью среды, однако причина лежит гораздо глубже.

В конечном счете культура базидиомицета может быть потеряна. Например, в Новосибирск из Казахстана был привезен запатентованный штамм шампиньона, продуцента биологически активного вещества. Автор штамма, опытный технолог, проводила контроль культуры гриба после его выделения из природы преимущественно визуально. В результате оказалось, что вместо шампиньона в качестве продуцента БАВ давно используется микофильный гриб р. *Verticillium*.

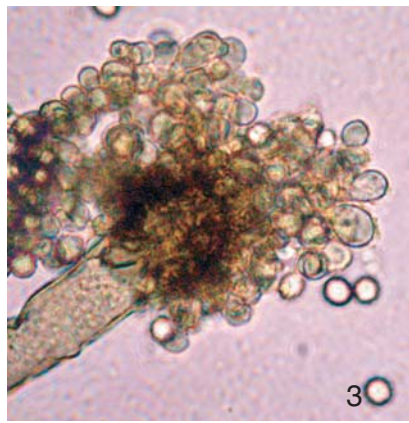
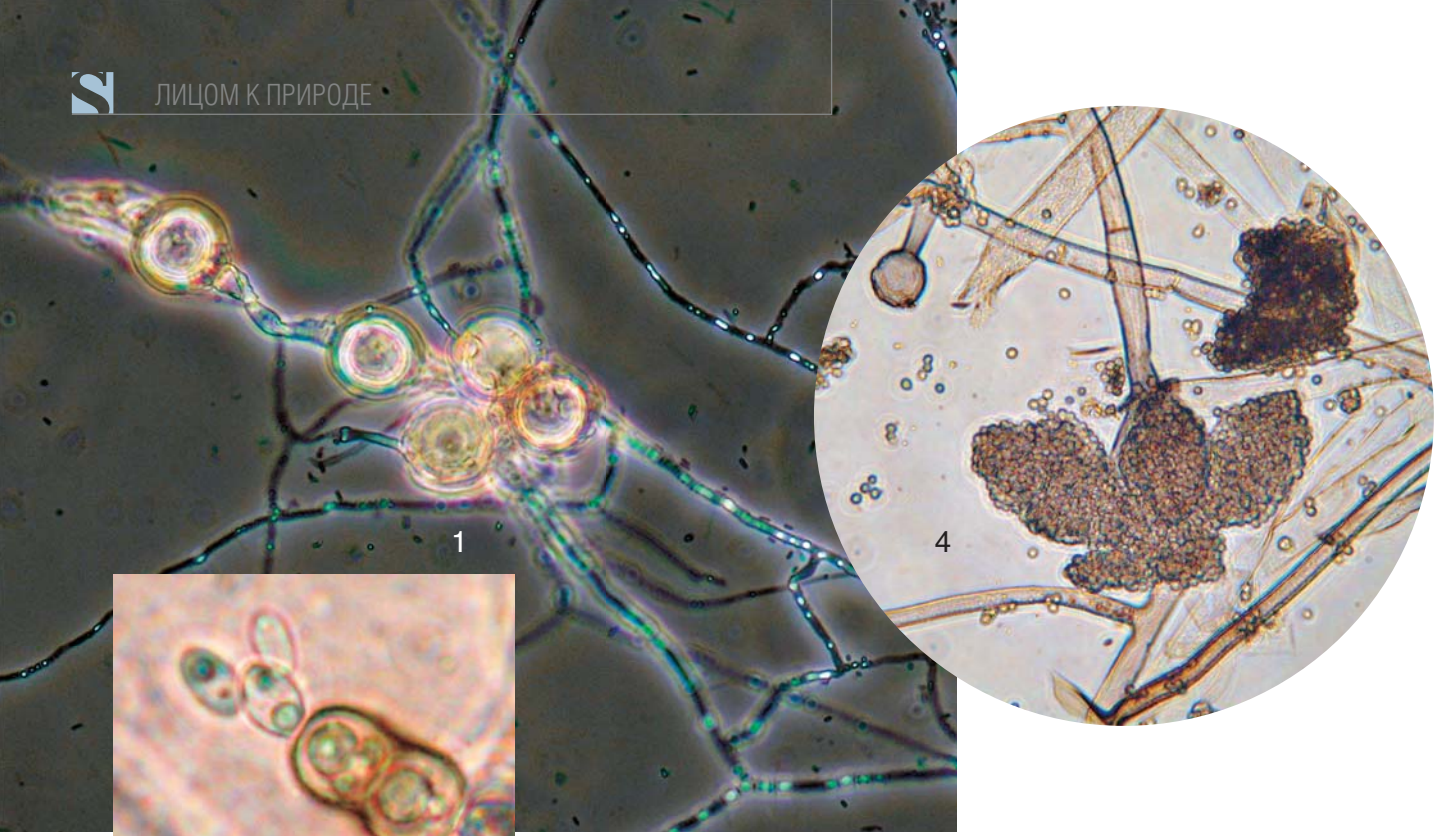
Охотники за нематодами

Среди микромицетов хочется особо выделить одну экологическую группу грибов, эволюционно связанную с обычными обитателями почвы нематодами (круглыми червями). Эти удивительные грибы, которых формально можно отнести к паразитам, по повадкам – настоящие хищники.

Естественные враги нематод названы *хищными грибами* за их способность формировать на гифах мицелия различного вида приспособления для улавливания своих жертв. Поскольку хищные грибы обнаружены практически во всех частях мира, это свидетельствует, что в природе они играют важную экологическую роль, утилизируя огромную массу нематод, многие из которых являются возбудителями опасных гельминтозов растений и животных.

Вообще роль хищных грибов в природе еще в полной мере не изучена, хотя в последние годы была проделана большая работа по отбору из природы эффективных штаммов нематофаговых грибов, изучению их особенностей, а также разработке технологии получения биопрепаратов против разных видов фитопаразитических нематод и испытанию их в природе (Теплякова, Ананько, 2009а, б).

Однако и на этих маленьких хищников нашлась управа – все те же микофильные грибы. С этим явлением исследователи из «Вектора» столкнулись при выделении гифомицетов из почвы в культуру: детальное



Отличительная особенность грибов – большое разнообразие органов и способов размножения. Грибы размножаются вегетативным, бесполом и половым путями, причем один и тот же вид гриба может размножаться разными способами. Поскольку при смене форм размножения внешний вид гриба может разительно изменяться, то неудивительно, что их могут принимать за самостоятельные виды.

Вегетативное размножение происходит без образования каких-либо специализированных органов – просто частями мицелия или отдельными клетками, которые образуются в результате расчленения нитей-гиф, почкованием. К вегетативному размножению относится также размножение хламидоспорами – особыми толстостенными клетками, образующимися на мицелии. Маркер бесполого и полового размножения – специализированные клетки-споры, аналоги семян высших растений. Споры грибов обычно неподвижные, у некоторых видов они очень малы и могут переноситься на огромные расстояния и на большую высоту. У других видов споры могут распространяться с помощью насекомых или животных, а некоторые грибы могут, как катапульта, с силой выстреливать споры в воздух.

При бесполом размножении споры образуются на особых гифах воздушного мицелия. Споры, образующиеся на вершине гиф, называют конидиями, а такие гифы, соответственно, конидиеносцами.

Кроме того, споры могут образовываться эндогенно, внутри особых клеток на конце конидиеносцев (спорангиоспоры).

При половом размножении грибов спорообразованию предшествует половой процесс – слияние половых клеток с последующим объединением генетического материала их ядер. Процесс этот происходит в специализированных органах размножения, например, в так называемых сумках (аскоспоры у сморчков, спорыньи) или в базидиях (базидиоспоры у многих лесных грибов)

микроскопическое исследование показало, что гифы и конидии хищного гриба вследствие паразитирования в них микофила иногда практически лишаются своего «живого» содержимого. Хотя внешне разрастание паразита в колонии хищника могло проходить незаметно, часто оно приводило к вытеснению хозяина. В результате качество биопрепарата против нематод падало, и ожидаемого эффекта при внесении его в почву не наступало.

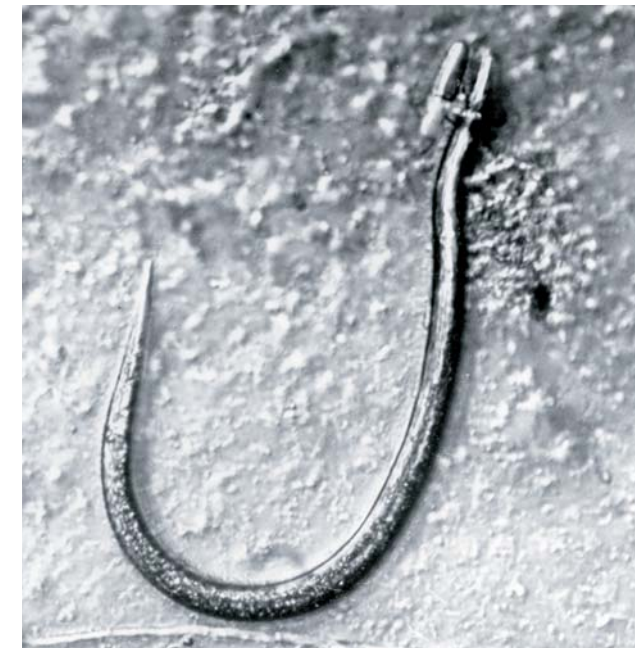
Но есть и обратные примеры. Так, в лаборатории антибиотиков МГУ изучался сибирский штамм хищного гриба *Arthrobotrys longa* как потенциальный продуцент фибринолитических ферментов. Однако тщательное всестороннее исследование штамма показало, что продуцентом этих ферментов был вовсе не хищный гриб, а сопутствующий ему микофил р. *Cephalosporium*.

Дальнейшая оценка трех изолятов микофильных грибов, выделенных из хищных грибов, подтвердили предположение, что истинными продуцентами фибринолитических ферментов являются такие грибы-паразиты (Теплякова, 1999). Возможно, что дальнейший поиск штаммов грибов с фибринолитической активностью следует целенаправленно вести именно среди группы микофильных грибов.

Среди высших организмов грибы являются рекордсменами по способностям адаптироваться к самым разным условиям окружающей среды. Развитая поверхность нитей-гифов, составляющих грибной мицелий, обеспечивает большую площадь поглощения питательных веществ путем абсорбции. Имея мощный ферментативный аппарат, грибы могут разрушать многие материалы, созданные человеком – деревянные конструкции, строительные материалы и даже авиационное топливо.

Учитывая опасность биоповреждений, в строительные нормы с 1997 г. введен термин «биологически активные среды», а для проведения регламентных технических осмотров самолетов ученые предлагают нормативно ввести обязательные контрольные анализы топлива и топливных систем с использованием стандартных микологических и микробиологических методов.

Но, как уже неоднократно упоминалось выше, наши давние враги могут стать и нашими союзниками, в том числе и в борьбе с человеческими недугами. Конечно, пока грибы, в том числе микроскопические, не часто используют для фармакологических целей, поэтому задача ученых – продолжать поиск эффективных продуцентов биологически активных веществ среди огромного природного разнообразия.



А вот результат успешной охоты – почвенная нематода, сжатая ловчим кольцом хищного гриба *Dactylariopsis brochopaga*. Световая микроскопия

Литература

Борщевская М.И., Васильева С.М. Развитие представлений о биохимии и фармакологии меланиновых пигментов // Вопросы медицинской химии. 1999. Т. 45, вып. 1. С. 13–23.
 Огарков Б.Н., Огаркова Г.Р., Самусенок Л.В. Грибы – защитники, целители и разрушители. Иркутск: ГУ НЦ РВХ ВСНЦ СО РАМН, 2008. 248 с.
 Рудаков О.Л. Микофильные грибы, их биология и практическое значение. М.: Наука, 1981. 160 с.
 Сафатов А.С., Теплякова Т.В., Белан Б.Д. и др. Концентрация и изменчивость состава микромицетов в атмосферном аэрозоле юга Западной Сибири // Оптика атмосферы и океана. 2009. Т. 22, № 9. С. 901–907.
 Теплякова Т.В. Биоэкологические аспекты изучения и использования хищных грибов-гифомицетов. Новосибирск. 1999. 252 с.
 Патент № 2366178, РФ. Способ получения препарата на основе хламидоспор микроскопического гриба для борьбы с паразитическими нематодами растений и животных // Теплякова Т.В., Ананько Г.Г. // Бюл. № 25. 2009.
 Теплякова Т.В., Ананько Г.Г. Хищные грибы-гифомицеты против паразитических нематод // Защита и карантин растений. 2009. № 6. С. 22–25.

В публикации использованы фото автора

Среди всех живых организмов грибы выделяются разнообразием способов размножения:

- 1 – хламидоспоры хищного гриба *Duddingtonia flagrans*;
- 2 – почкование клеток дрожжей р. *Aureobasidium*;
- 3 – конидиеносец с головкой конидий гриба р. *Aspergillus*;
- 4 – спорангиеносцы с эндогенными спорангиоспорами гриба р. *Rizopus*