

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 582.281/284.99/288: 591.2+639.09

**О ПОЛОЖЕНИИ В СИСТЕМЕ ООМИЦЕТОВ  
И МИКРОСКОПИЧЕСКИХ ГРИБОВ – ПАТОГЕНОВ РЕЧНЫХ  
РАКОВ ПОДСЕМЕЙСТВА ASTACINAE В РОССИИ**

**Константин Львович Тарасов<sup>1</sup>, Елена Николаевна Александрова<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

<sup>2</sup> Всероссийский научно-исследовательский институт интегрированного  
рыбоводства (ВНИИР)

**Автор, ответственный за переписку:** Константин Львович Тарасов, coltar@yandex.ru

Несмотря на ущерб запасам астацин, причиняемый оомицетами и мицелиальными грибами – возбудителями болезни микоз речных раков, сведения о них неполны и противоречивы, а некоторые, явно сомнительные, некритично переходят из одних источников в другие. К настоящему времени описаны не менее 16 видов грибов и грибоподобных организмов – возбудителей микозов астацин, из которых 4 вида относят к Oomycota, 2 – к Zygomycota, и 10 – к Ascomycota. Все они являются известными патогенными видами из Oomycota – *Aphanomyces astaci*, *Saprolegnia parasitica*, *S. australis* и *Scoliolegnia asterophora*. Два вида из этих грибов (Zygomycota, Mucoraceae) – *Mucor racemosus* и *M. hiemalis* – считаются «хорошими» видами и в современных системах. Патогенность *A. astaci*, *S. parasitica* и *M. racemosus* подтверждена независимыми исследованиями. О недавно выявленных возбудителях меланизированных пятен широкопалого рака (*Astacus astacus* (L.)) – *S. australis*, *Scoliolegnia asterophora* и *Mucor hiemalis* сведений пока нет. Из 10 патогенных грибов (вероятно, сумчатых) систематическое положение пяти видов (*Oidium astaci*, *Cephalosporium leptodactyli*, *Septocylindrium eriocheir*, *S. astaci* и *Ramularia astaci*) требует уточнения. Из пяти прочих «хороших» видов рода *Fusarium* достоверно идентифицирован как возбудитель меланизированных пятен на жабрах *Atlantoascus pallipes* (Lerebullet, 1858) только *F. tabacinum*, тогда как *F. solani*, *F. melanochlorum*, *F. oxysporum* и *F. roseum* var. *culmorum* только подозреваются в качестве патогенов астацин и конкретных сведений о них в этом плане практически нет.

**Ключевые слова:** речные раки подсемейства Astacinae, современная классификация, ложные и настоящие грибы, возбудители рачьих микозов

**Финансирование.** Работа проводилась в рамках общей тематики кафедры микологии и альгологии Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова и ФГБУ Всероссийский научно-исследовательский институт интегрированного рыбоводства (ВНИИР).

**Для цитирования:** Тарасов К.Л., Александрова Е.Н. О положении в системе оомицетов и микроскопических грибов – патогенов речных раков подсемейства Astacinae в России // Бюл. МОИП. Отд. биол. 2022. Т. 127. Вып. 4. С. 23–29.

## ORIGINAL ARTICLE

**ON THE POSITION IN THE SYSTEM OF OOMYCETES  
AND MICROSCOPIC FUNGI, PATHOGENS OF CRAYFISH  
OF THE SUBFAMILY ASTACINAE IN RUSSIA****Tarasov Konstantin L.<sup>1</sup>, Alexandrova Elena N.<sup>2</sup>**<sup>1</sup> Lomonosov Moscow State University, Department of Biological Faculty<sup>2</sup> Researcher of The all-Russian Research Institute of integrated fish farming (VNIIR)**Corresponding author:** Tarasov Konstantin L., coltar@yandex.ru

**Abstract.** Information about the causative agents of mycoses in crayfish, despite the damage caused to them, is incomplete and contradictory, and some data, clearly dubious, uncritically pass from one source to another. To date, at least 16 species of fungi and fungi-like organisms, causative agents of astacin mycoses, have been described, of which 4 species are attributed to Oomycota, 2 – to Zygomycota, and 10 – to Ascomycota. All 4 known pathogenic species from Oomycota – *Aphanomyces astaci* (family Leptolegniaceae) and *Saprolegnia parasitica*, *S. australis*, *Scoliolegnia asterophora* (family Saprolegniaceae), as well as 2 species of true fungi (Zygomycota, Mucoraceae) – *Mucor racemosus* and *M. hiemalis* – are “good” in modern systems. Of 10 described pathogenic Ascomycota, the taxonomy and identification of 5 species – *Oidium astaci*, *Cephalosporium leptodactyli*, *Septocylindrium eriocheir*, *S. astaci* and *Ramularia astaci* – require clarification. Out of 5 other “good” species of the genus *Fusarium*, only *F. tabacinum* was reliably identified as the causative agent of melanized spots on the gills of *Atlantoastacus pallipes*. *F. solani*, *F. melanochlorum*, *F. oxysporum* and *F. roseum* var. *culmorum* are only suspected as pathogens of astacins and there is practically no specific information about them in this regard.

**Keywords:** crayfish, modern classification, oomycetes and true fungi, causative agents of mycoses.

**Financial Support.** The work was carried out within the framework of the general topics of the Department of Mycology and Algology of the Lomonosov Moscow State University and the All-Russian Research Institute of Integrated Fish Farming (VNIIR).

**For citation:** Tarasov K.L., Alexandrova E.N. On the Position in the System of Oomycetes and Microscopic Fungi, Pathogens of Crayfish of The Subfamily Astacinae in Russia // Byul. MOIP. Otd. biol. 2022. T. 127. Vyp. 2. S. 23–29.

Изучение ржаво-пятнистой болезни (РПБ) речных раков подсемейства Astacinae Latreille, 1802 (далее астацины) в довоенное и послевоенное время позволило описать не менее 16 видов – возбудителей этого заболевания из числа «ложных» и «настоящих» грибов, далеко не все из которых были выявлены в последующих ревизиях. Установлено, что РПБ раков возникает при наличии у них травм, при высокой плотности рачьей популяции, при загрязнении водоемов и т.д. Заболевание может носить временный характер и полностью исчезать при улучшении качества среды в водоеме (Удалов. 1973).

Раков, пораженных РПБ, в продажу не принимают, и хроническое распространение этого микоза в популяциях астацин причиняет ущерб торговле ракопродукцией (Gams, 1971; Alderman, Polglase, 1985). Очевидно, что, оценивая качество популяций астацин, следует учитывать уровень их поражения РПБ, рассматривая этот показатель как индикаторный тест на состояние среды их обитания (Александрова, 2013). К сожалению, вызывающие сомнения сведения о некоторых возбудителях РПБ астацин переносятся в более поздние астакологические работы и даже в справочники. Примером может служить монография В.П. Федотова (2020), где в разде-

**Современные названия возбудителей микозов речных раков евразийского подсемейства Astacinae Latreille**

Названия и положение в системе видов-возбудителей рачьих микозов	Источники информации
1. <i>Aphanomyces astaci</i> Schikora, 1906 отд. Oomycota, сем. Saprolegniaceae, род <i>Aphanomyces</i> De Bary, 1860 (сем. Leptolegniaceae W. Dick, 1999)	Species 2000 and ITIS Catalogue of Life: 2013; WoRMS; Ind. Fungorum
2. <i>Saprolegnia parasitica</i> Coker, 1923 сем. Saprolegniaceae, род <i>Saprolegnia</i> Nees, 1823	—/—
3. <i>S. australis</i> Elliot, 1968	—/—
4. <i>Scoliolegnia asterophora</i> (de Bary) Dick, Bot. J., 1969 (сем. Saprolegniaceae, род <i>Scoliolegnia</i> M.W. Dick, 1969)	—/—
5. <i>Mucor racemosus</i> Fresenius, 1850 (Fungi, отд. Zygomycota, сем. Mucoraceae, род <i>Mucor</i> Fresenius, 1850)	Species 2000 and ITIS Catalogue of Life: 2013
6. <i>M. hiemalis</i> Wehmer, 1903	—/—
7. <i>Fusarium solani</i> (Mart). Sacc., 1881 (Fungi, отд. Ascomycota, сем. Nectriaceae, род <i>Fusarium</i> Link, 1809)	MycoBank (MB) N 190352
8. <i>F. tabacinum</i> (J.F.H. Beuma) W. Gams apud W. Gams and Gerlagh 1968; Синоним – <i>Cephalosporium tabacinum</i> (J.F.H. Beuma, 1933)	MB N 330992
9. <i>F. melanochlorum</i> (Casp.) Sacc., 1886	MB: N 241479
10. <i>F. oxysporum</i> Schlechtendahl, 1824 emend. Snyder et Hansen, 1940	—
11. <i>F. semitectum</i> Berk. and Ravenel, Grevillea, 1875	—
12. <i>Cephalosporium leptodactyli</i> Mann, 1939 (сем. Нуроцеаеае, род <i>Cephalosporium</i> Corda A.C.J.? 1839 - nom. confusum)	Gams W., 1971 MB N 269281
13. <i>Oidium astaci</i> Happich, 1902	MB N 245359 Ind. Fung.
14. <i>Septocylindrium eriocheir</i> Mann and Piplov, 1938 - nom. iinvalidum	MB N 111027, Ind.Fung.
15. <i>Septocylindrium astaci</i> Udalov, 1973	В номенклатурных базах не фигурирует
16. <i>Ramularia astaci</i> Mann and Pieplow, 1938	MB N 110991 Makkonen et al.2010

ле о болезнях раков допущен ряд неточностей, в том числе использование устаревшей информации о систематике возбудителей микозов раков.

Настоящее сообщение содержит данные анализа современного систематического положения известных возбудителей микозов речных раков, выполненного авторами настоящей статьи (таблица).

**Постановка проблемы.** Статья посвящена уточнению данных современной диагностики микозов российских речных раков подсемейства Astacinae Latreille, 1802.

**Цель исследования** – развитие систематики водных грибов и оомицетов – возбудителей микозов российских речных раков подсемейства

Astacinae Latreille, 1802; усовершенствование методов мониторинга состояния водной среды в рачьих водоемах.

**Методы исследования**

Речные раки с признаками микозов (темными пятнами на панцире, уropодах, ходильных ножках и прочей локализацией) были отобраны из раколовок, где находилось более сотни экземпляров. Уловы проводили для определения численности и ветеринарного состояния раков в естественных водоемах Московской, Владимирской, Тверской областей и Республики Марий Эл. Для определения видовой принадлежности водных микроскопических грибов и оомицетов

(ложных грибов, псевдогрибов) – возбудителей микозов российских речных раков – осуществляли микроскопические исследования. Рассматривали мицелии (септированные, несептированные), зимующие структуры – геммы, спорангии, спорагиоспоры и другие структуры патогенных оомицетов и грибов. Для этого готовили тонкие срезы с покровов панцирей раков в области микозных поражений, захватывая прилежащие к ним краевые зоны. Тонкие срезы, вырезанные с покровов широкопалого рака около темных пятен, на 5 минут помещали в 5%-й раствор соляной кислоты, затем в каплю спирта-глицина (1:1) (Лаврентьева, Воронин, 1991). Культивирование кусочков ткани размерами 3×6 мм, осуществляли на среде Чапека в термостате при 25 °С. Определение видовой принадлежности патогенов проводили в ветеринарной лаборатории Пустошкинского р-на Псковской обл. при участии врача-бактериолога Е.А. Комаровой. Анализ окрашенных препаратов кутикулы пораженных раков позволил идентифицировать гриб *Mucor racemosus* Fres., известный как патоген широкопалого рака в водоемах о. Сааремаа (Эстония) (Makkonen et al., 2010). Приведенный в статье список возбудителей микозов астацин (таблица) включает современные данные об их систематическом положении, о хозяевах этих паразитов, районах распространения вызываемых ими заболеваниях [см. раздел «Литература» в статье К.Л. Тарасова и Е.Н. Александровой (2015)]. Описания 5 видов грибов из рода *Fusarium*, только предполагаемых в качестве возбудителей РПБ, почерпнуты из микологических определителей. Три вида из числа оомицетов и муконовых грибов, ранее неизвестные как патогены астацин, идентифицированы по результатам сравнений аминокислотных последовательностей их ДНК с известными сиквенсами ГенБанка США (GenBank/NCBI) (Makkonen et al., 2010). Сравнениям подлежали последовательности спейсерного ITS-региона рибосомальной ДНК, полученные группой финских и эстонских исследователей от чистых культур, выращенных из материала от меланизированных пятен на кутикуле *Astacus astacus* (L.), обитающего в водоемах о. Сааремаа (Эстония). Для этих трех видов патогенов в статье приведены данные о степени (%) сходства их нуклеотидных последовательностей с известными сиквенсами (Similarity % to GenBank sequence) и об их кодовых номерах в ГенБанке. Сведения о современном таксономическом положении и назва-

ниях микроскопических ложных и настоящих грибов, патогенных по отношению к астацинам, почерпнуты из номенклатурных баз данных (Mycobank, Index Fungorum и др.).

### Результаты исследований

В таблице систематизированы результаты исследований современного таксономического статуса патогенов микозов российских астацин. Они позволили К.Л. Тарасову составить ключ для диагностики возбудителей микозов астацин, в котором учтены последние сведения по этому вопросу (Александрова, Тарасов, 2019).

#### Ключ для идентификации видовой принадлежности возбудителей микозов речных раков подсемейства *Astacinae* Latreille

При составлении ключа использовано дихотомическое построение, при котором теза обозначена числом, антитеза – прочерком. В скобках указаны предыдущие тезы для обратного движения по ключу на случай сомнений в правильности выбора значений признаков при определении. Ключ с таким усовершенствованием именуется Уилльямсоновским. Впервые это усовершенствование было предложено, вероятно, ровно 100 лет тому назад (Williamson, 1922).

1. Мицелий несептирован, т.е. не разделен поперечными перегородками, которые встречаются только изредка (например, при образовании структур полового и бесполого размножения). Попадают споры, образующиеся в спорангиях . . . . . 2

— Мицелий септированный (разделен поперечными перегородками), настоящие грибы, отдел Ascomycota (сумчатые грибы), анаморфный род *Fusarium* . . . . . 6

2 (1). На мицелии образуются спорангии цилиндрической, почти прямой, слабо искривленной или удлинненно-овальной формы, в которых могут образовываться зооспоры, вначале снабженные жгутиками на переднем конце (первичные зооспоры), потом они одеваются жесткой оболочкой (инцистируются) и через некоторое время выходят из цисты. Этот процесс может происходить несколько раз и при одном выходе из цисты меняется ориентация жгутиков: они располагаются сбоку (вторичные зооспоры). У некоторых представителей этих оомицетов зооспоры могут одеваться оболочкой еще внутри спорангия – псевдогрибы, отд. Oomycota, порядок Saprolegniales . . . . . 3

— Спорангии более или менее округлые. Развивающиеся в них споры всегда неподвижны . . . . . 5

3 (2). Спорангии цилиндрической, почти прямой или слабо искривленной формы, по диаметру примерно равные диаметру гиф. В них в один ряд образуются первичные зооспоры со жгутиками на переднем конце, которые одеваются оболочкой еще внутри спорангия, выходят наружу, образуя шаровидные комки цист, впоследствии распадающихся и прорастающих зооспорами со жгутиками сбоку . . . . . *Aphanomyces astaci*

— Спорангии имеют удлинненно-овальную форму диаметром больше диаметра гиф . . . . . 4

4 (3). Оогонии звездчатые . . . . род *Scoliolegnia*  
*Scoliolegnia asterophora* (de Bary) Dick – единственный вид этого рода, иногда объединяемого с родом *Saprolegnia*.

— Оогонии гладкие. Род *Saprolegnia*.

Вид, наиболее известный как паразит рыб и речных раков, *S. parasitica* Coker.

5 (2). Спорангиеносцы с хорошо выраженным моноподиальным ветвлением (т.е. ветви отходят от центрального «ствола»), как у сосны . . . . .  
 . . . . . *Mucor racemosus* Fresenius

— Ветвление спорангиеносцев беспорядочное . . . . . *Mucor hiemalis* Wehmer

6 (1). Микроконидий обычно нет . . . . . 7

— Микроконидии обычно имеются . . . . . 8

7 (6). Воздушный мицелий белый или желтоватый, войлочный. Хламидоспоры не наблюдались . . . . . *F. tabacinum* (J.F.H. Веума) W.Gams

— Воздушный мицелий плотный, образует быстрорастущие хлопьевидные (ватообразные) колонии. На поверхности среды может появляться красная пигментация. Изредка присутствуют хламидоспоры (*искать тщательно!*), коричневые, одиночные или в цепочках . . . . .  
 . . . . . *F. semitectum* Berk. and Ravenel

8 (6). Макроконидии слабо изогнутые . . . . .  
 . . . . . *F. melanochlorum* (Casp.) Sacc.

— Макроконидии более или менее прямые . . . . . 9

9 (8). Макроконидии с более или менее толстой оболочкой, сосисковидные . . . . .  
 . . . . . *F. solani* (Mart.) Sacc.

— Макроконидии с более или менее тонкой оболочкой, веретеновидные . . . . .  
 . . . . . *F. oxysporum* Schldtl.

### Заключение

Установлено, что из 16 известных в литературе патогенных видов – возбудителей микозов речных раков – в современной микологической системе имеют место только 11 видов оомицетов и настоящих грибов. Пять остальных видов (NN 12–16) отмечены в МБ как «*nomen invalidum*», или «*nomen confusum*», что означает неопределенный или перепутанный таксономический статус. Возможно, эти патогены исходно были определены ошибочно (N 13); или могут относиться к роду *Fusarium* (В таблице – NN 12 и 14–16). Идентификация оомицетов под номерами 3, 4, а также настоящих грибов под номерами 7–11, осуществлена методом геносистематики по результатам сравнения последовательностей ITS региона ДНК с известными сиквенсами NCBI/GenBank. Сведений о болезнетворных свойствах этих возбудителей микозов для раков не имеется.

Роль настоящих грибов в вызывании микозов менее известна по причинам недостатка микробиологических исследований и трудности идентификации этих патогенов, в частности видов фузариев. Известно о встречаемости мукориоза раков в культурных условиях, где источником заболевания может стать использование в качестве корма зерна, зараженного *Mucor racemosus*. Фузариозы возникают у раков, получивших травмы в водоемах, в которых ведется сетной лов рыбы, и куда поступают стоки с агрополей, содержащие хламидоспоры и другие структуры фузариий, основное местообитание которых – почва. Меры противодействия фузариозам – недопущение в рачьих водоемах сетного лова рыбы и стоков с агрополей.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Александрова Е.Н. Ржаво-пятнистая болезнь российских речных раков подсемейства Astacinae Latreille, 1802 – индикатор состояния популяции и качества среды ее обитания // Естественные и технические науки. 2013. № 3. С. 85–89.  
 Александрова Е.Н., Тарасов К.Л. Пособие-опреде-

литель: Микозы речных раков и диагностика их возбудителей. М., 2019. 44 с.  
 Лаврентьева Г.М., Воронин В.Н. Диагностика и профилактика инфекционных заболеваний раков в условиях Северо-Запада России в ГосНИОРХ «Состояние естественных запасов, воспроиз-

- водство и товарное выращивание речных раков» (Методические указания). СПб., 1994. 10 с.
- Тарасов К.Л., Александрова Е.Н. Мицелиальные грибы – возбудители микозов речных раков и их современная таксономия // Микология и фитопатология. 2015. Т. 49. № 6. С. 366–373.
- Удалов Г.М. Длиннопалый рак (*Astacus leptodactylus*) и его заболевание ржаво-пятнистой болезнью в некоторых водоемах Азово-Черноморского бассейна. Автореф. дисс. .... канд. ветер. наук. М., 1973. 17 с.
- Федотов В. П. О раках: От рыболовства к промышленному направлению – Менеджмент. СПб., 2020. 256 с.
- Gams W. Cephalosporium-like mycelial fungi (Hyphomycetes). Stuttgart, 1971. 261 S.
- Alderman D.J., Polglase J.L. Pathogens, Parasites and Commensals // Freshwater crayfish: Biology, management and exploitation / Ed. D.M. Holdich. Nottindam. 1988. P. 167–212.
- Makkonen J., Kokko H., Henttonen P., Kivistik M., Huri M., Paaver T., Jussila J. Fungal isolation from Saaremaa, Estonia: Noble Crayfish (*Astacus astacus*) with melanised spots // Freshwater Crayfish. 2010. Vol. 17. P. 155–158.
- Williamson E. Keys in systematic work // Science. 1922, Vol. 55. P. 703.

#### REFERENS

- Aleksandrova E.N. Rzhavo-pyatnistaya bolezнь rossijskikh rechnykh rakov podsemejstva Astacinae Latreille, 1802 – indikator sostoyaniya populyatsii i kachestva sredi ee obitaniya // Estestvennye i tekhnicheskie nauki. 2013. № 3. S. 85–89.
- Aleksandrova E.N., Tarasov K.L. Posobie-opredelitel': Mikrozy rechnykh rakov i diagnostika ikh vozбудitelej. М., 2019. 44 с.
- Lavrent'eva G.M., Voronin V.N. Diagnostika i profilaktika infektsionnykh zabolovaniy rakov v usloviyakh Severo-Zapada Rossii v GosNI-ORKH «Sostoyanie estestvennykh zapasov, vosproizvodstvo i tovarnoe vyrashchivanie rechnykh rakov» (Metodicheskie ukazaniya). SPb., 1994. 10 s.
- Tarasov K.L., Aleksandrova E.N. Mitselial'nye griby – vozбудiteli mikozov rechnykh rakov i ikh sovremennaya taksonomiya // Mikologiya i fitopatologiya. 2015. Т. 49. № 6. S. 366–373.
- Udalov G.M. Dlinnopalyj rak (*Astacus leptodactylus*) i ego zabolovanie rzhavo-pyatnistoj boleznyu v nekotorykh vodoemakh Azovo-Chernomorskogo bassejna // Avtoref. dissertats. kand. veterinarnykh nauk. М., 1973. 17 s.
- Fedotov V.P. O rakakh: Ot rybolovstva k promyshlennomu napravleniyu – Menedzhment. SPb., 2020. 256 s.
- Gams W. Cephalosporium-like mycelial fungi (Hyphomycetes). Stuttgart, 1971. 261 S.
- Alderman D. J., Polglase J. L. Pathogens, Parasites and Commensals // Freshwater crayfish: Biology, management and exploitation / Ed. D. M. Holdich. Nottindam, 1988. P. 167–212.
- Makkonen J., Kokko H., Henttonen P., Kivistik M., Huri M., Paaver T., Jussila J. Fungal isolation from Saaremaa, Estonia: Noble Crayfish (*Astacus astacus*) with melanised spots // Freshwater Crayfish, 2010, 17, p. 155–158.
- Williamson E. Keys in systematic work // Science, 1922, vol. 55, p. 703.

#### Информация об авторах

Тарасов Константин Львович – доцент кафедры микологии и альгологии биологического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, канд. биол. наук, coltar@yandex.ru;

Александрова Елена Николаевна – ст. науч. сотр. Всероссийского научно-исследовательского института интегрированного рыбоводства (ВНИИР) – филиала Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ им. Л.К. Эрнста», канд. биол. наук, e--alexandrova@mail.ru

#### Information about the author

Tarasov Konstantin L. – Associate Professor of Mycology and Algology Department of Biological Faculty Lomonosov Moscow State University, coltar@yandex.ru

Alexandrova Elena N. – Senior Researcher of The all-Russian Research Institute of integrated fish farming (VNIIR) – branch of the Federal State Budgetary

Scientific Institution “Federal Research Center for Livestock – L.K. Ernst VIZh”,  
e--alexandrova@mail.ru

**Вклад авторов**

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

**Contribution of the authors**

the authors contributed equally to this article.

**Конфликт интересов**

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Conflicts of interests**

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 11.07.2021; одобрена после рецензирования  
20.01.2022; принята к публикации 06.03.2022.

The article was submitted 11.07.2021; approved after reviewing 20.01.2022;  
accepted for publication 06.03.2022.