

Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова  
Биологический факультет  
кафедра Микологии и альгологии

# Грибы, ассоциированные с морскими водорослями- макрофитами: разнообразие, экология, метаболиты

Курсовая работа студентки 3 курса  
Ермишиной Марины  
Научный руководитель  
к.б.н. Бубнова Екатерина Николаевна

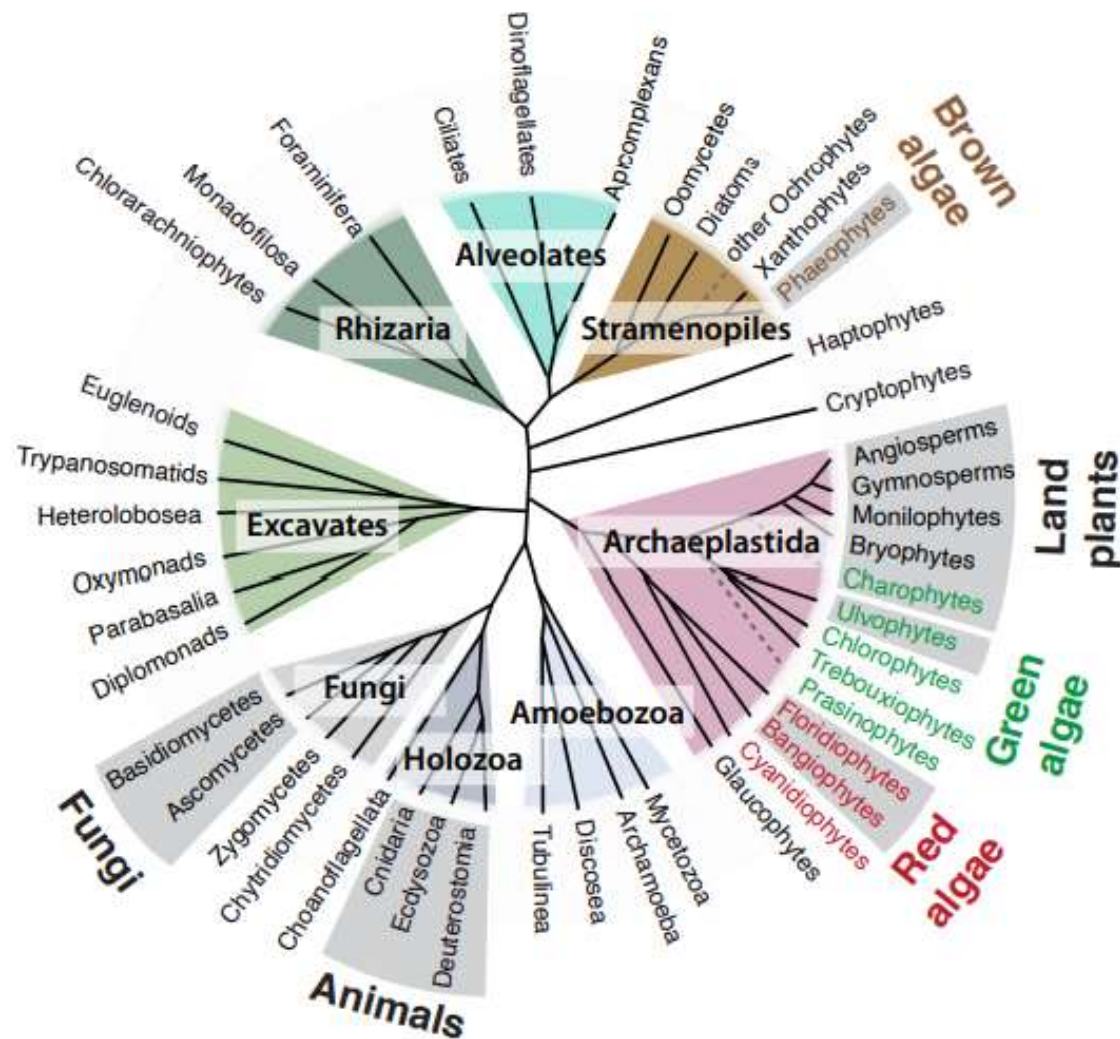


# Введение

- Грибы - это гетеротрофные организмы, обитающие практически повсеместно и являющиеся важным компонентом любой экосистемы. Достаточно большое количество грибов обитает в морской среде.
- Водоросли-макрофиты – важнейший компонент прибрежных морских экосистем: важнейшие первичные продуценты, пища и убежище для многочисленных гидробионтов.
- Водоросли-макрофиты, как важнейший источник органического вещества в океане, очевидно, связаны с грибами.
- Целью нашей работы был обзор имеющихся сведений о типах взаимоотношений морских водорослей-макрофитов с грибами, разнообразии и значении различных групп грибов, а также метаболитах альгофильных грибов.



# Общее представление о водорослях-макрофитах





Tristan Le Goff

Бурые – представители  
класса Fucophyceae в отделе  
Ochrophyta  
Около 1800 видов



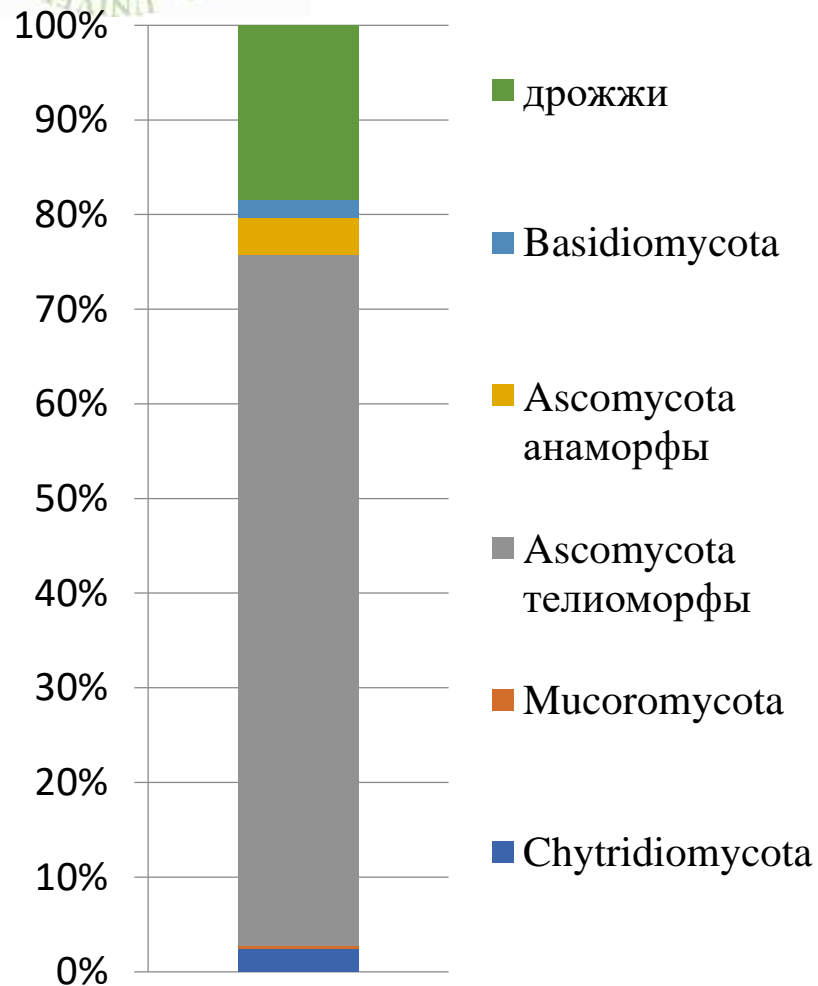
Красные - практически все  
представители отдела  
Rhodophyta  
От 5000 до 10000 видов



Зелёные - представители  
класса Ulvophyceae в отделе  
Chlorophyta  
Около 1700 видов



# Общее представление о морских грибах



- Морскими считаются около 1100 видов грибов, большинство из которых – аскомицеты
- Морские грибы делят на облигатные и факультативные (культивируемые грибы морского происхождения)
- В морских экосистемах грибы распространены в воде, грунтах и почвах, а также в ассоциациях с различными гидробионтами.
- Грибы могут быть сапротрофами на мёртвом органическом субстрате. На живых гидробионтах они могут паразитировать, вступать в мутуалистический или другие типы симбиозов
- Распространение морских грибов, в основном, ограничивается растворенным кислородом и температурой воды, в меньшей степени соленостью. Для паразитов и мутуалистов распространение связано с распространением хозяина.



# Взаимодействия грибов с водорослями

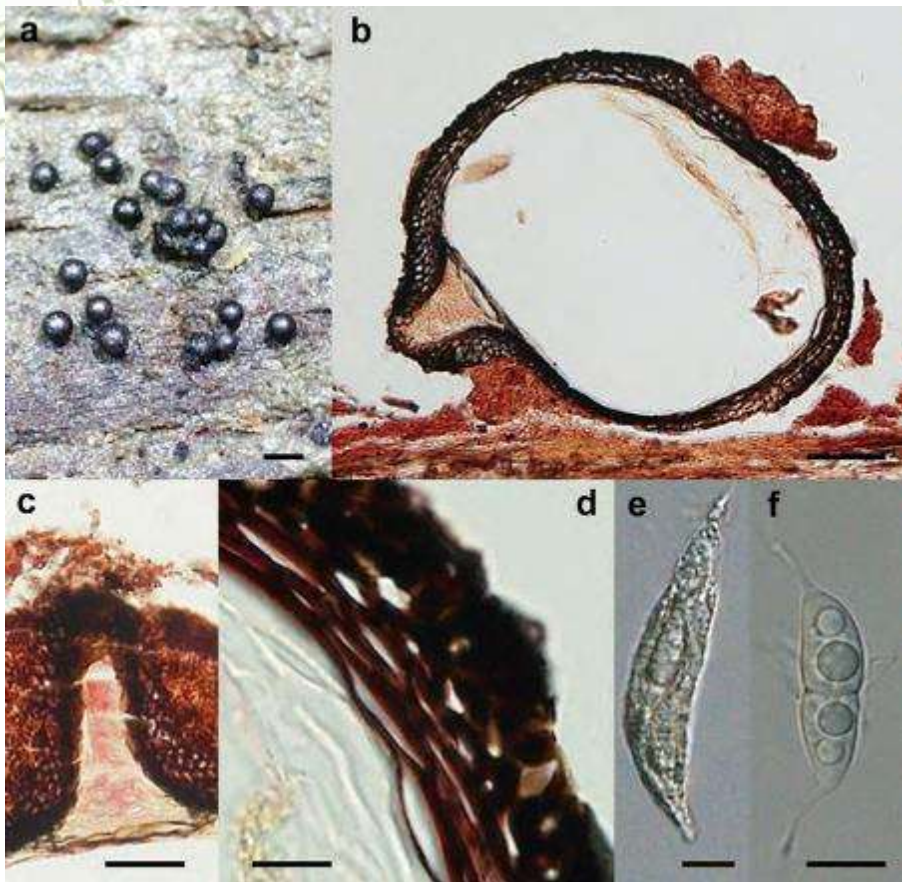
- Впервые грибы на водорослях были обнаружены в конце 19 века. К концу 1970х годов их насчитывалось около 80 видов. К настоящему времени – около 100 видов
- Отмершие талломы разлагают сапротрофы
- В живых талломах морских водорослей встречаются мутуалистические симбиотрофы
- Внутри талломов присутствуют сообщества бессимптомных эндофитов
- Некоторые грибы являются облигатными паразитами водорослей



# Разложение отмерших талломов водорослей грибами



В некоторых географических районах с богатой растительностью макроводорослей вдоль берега можно встретить большие скопления их гниющих талломов. Эти талломы – субстрат, которого может быть много – важен для грибов.

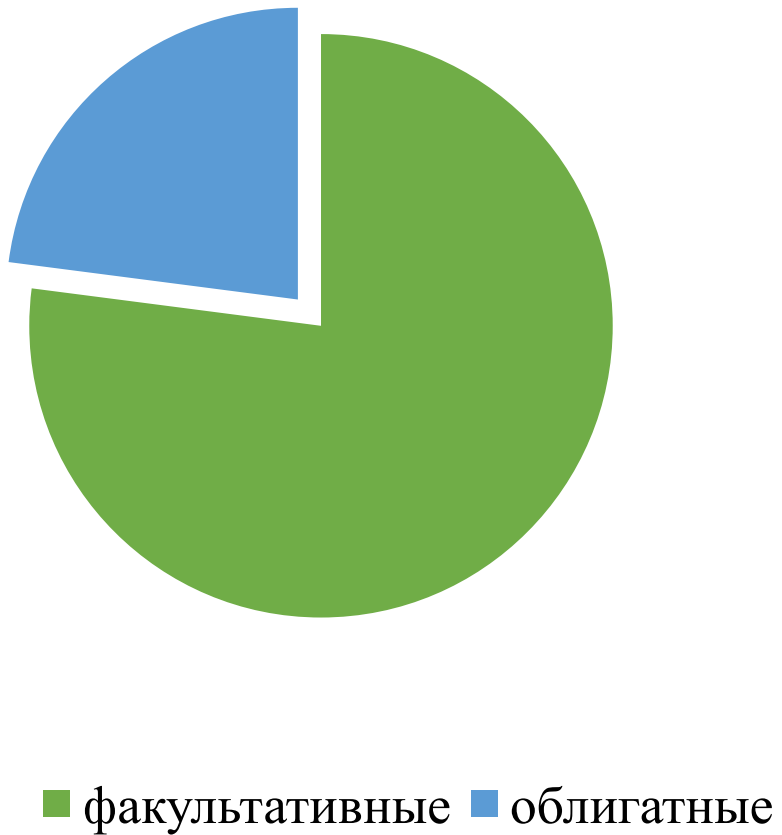


*Corollospora maritima* – один из облигатных морских сапротрофов, чьи плодовые тела часто можно обнаружить на разлагающихся талломах красных и бурых водорослей



Культуральные исследования разнообразия грибов на разлагающихся талломах *Fucus vesiculosus*





Соотношение групп факультативных и облигатных морских грибов



Группы водорослей, на отмерших талломах которых обнаружены грибы-сапротрофы

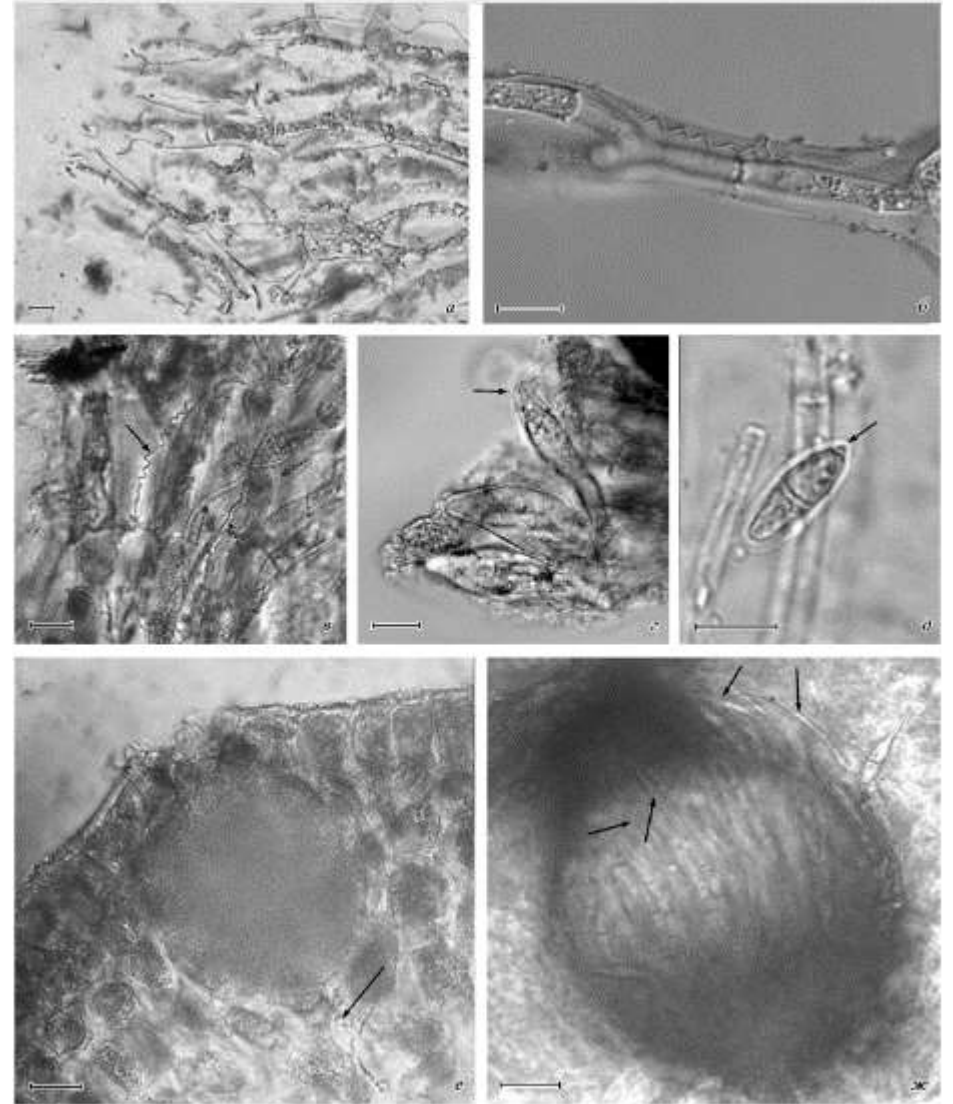
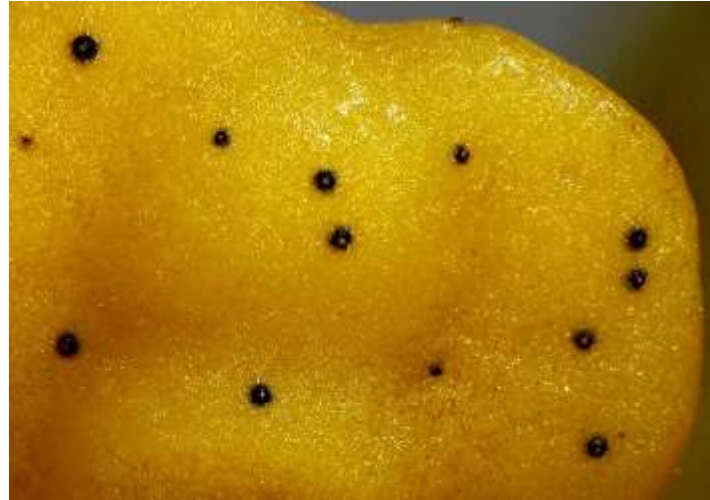


# Мутуалистические взаимоотношения грибов и морских водорослей-макрофитов

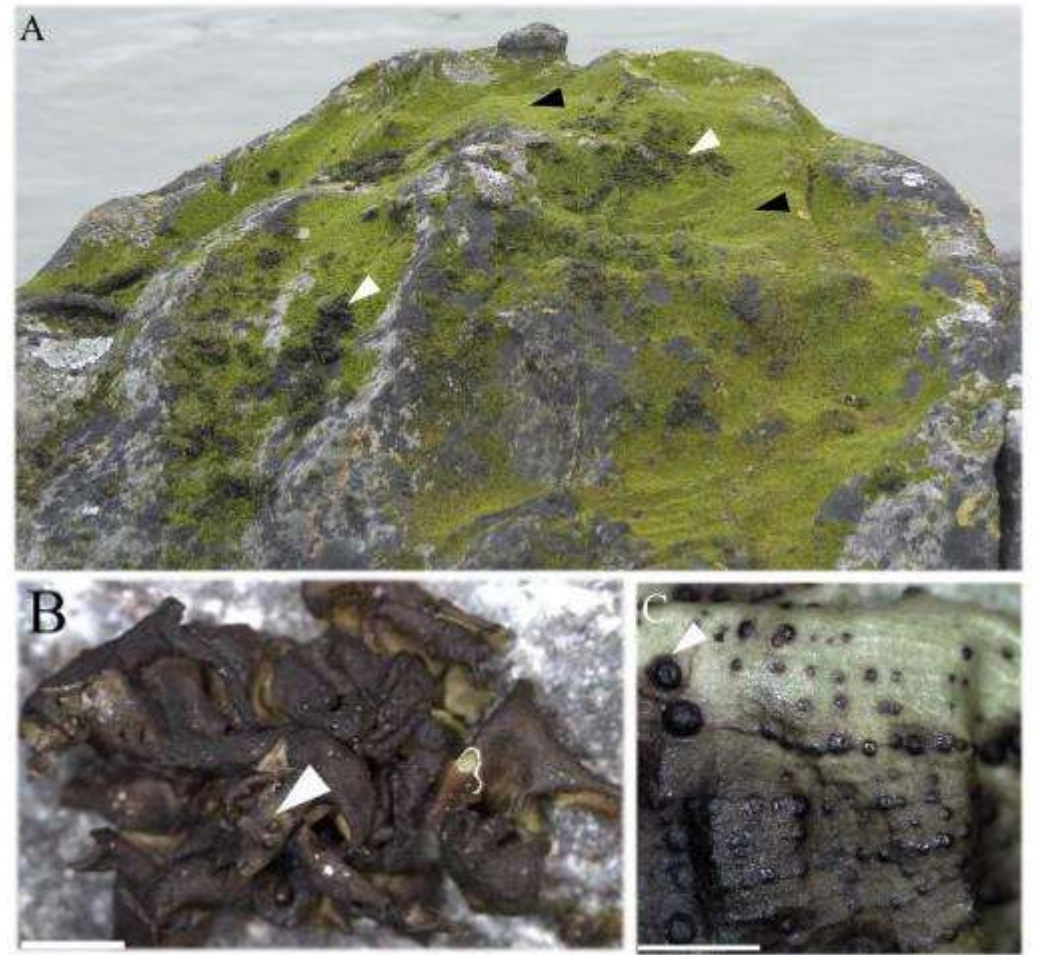




Псевдотеции *S. ascophylli*  
на рецептакулах  
*A. nodosum*



Микфикобиоз – ассоциация между аскомицетом *Stigmidium ascophylli* и фукусовыми водорослями *Ascophyllum nodosum* и *Pelvetia canaliculata*.



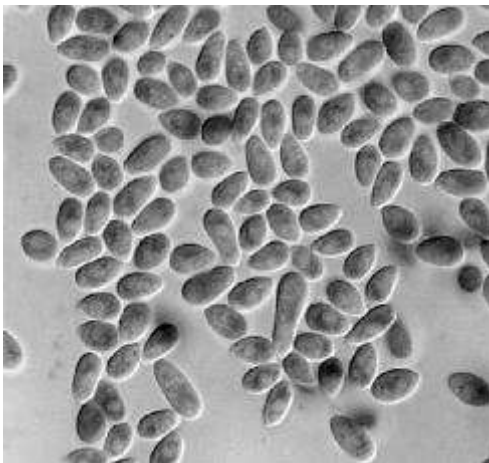
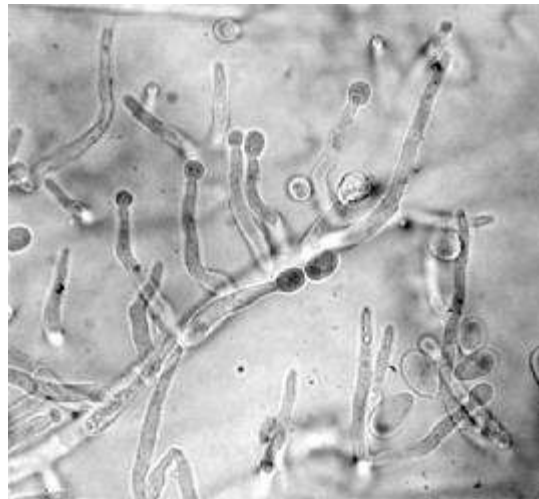
Garrido-Benavent et al. 2017

«Примитивный пограничный лишайник»  
Таллом *Prasiola borealis* с чёрными  
аскостромами *Mastodia tessellata*

Kohlmeyer et al., 2004



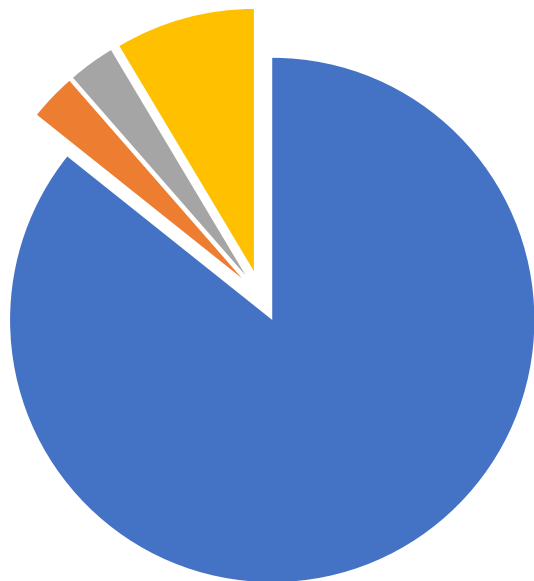
# Бессимптомные эндофиты



*Acremonium fuci*, выделенный из таллома бурой водоросли *Fucus serratus*

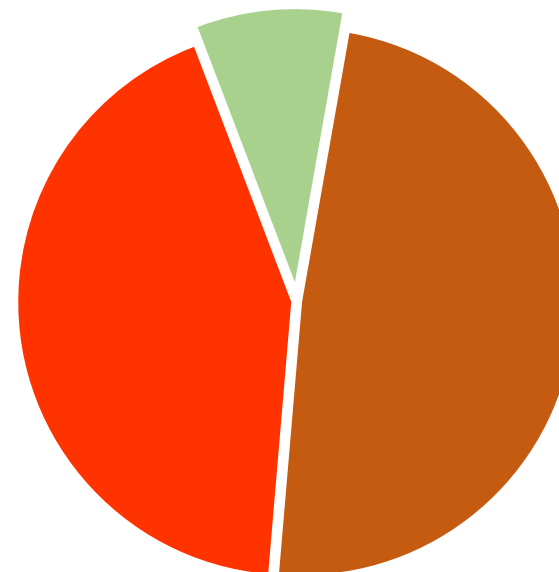


# Паразиты



- телеоморфы Ascomycota
- анаморфы Ascomycota
- Basidiomycota
- Chytridiomycota

Соотношение таксономических групп грибов, паразитирующих на морских водорослях-макрофитах

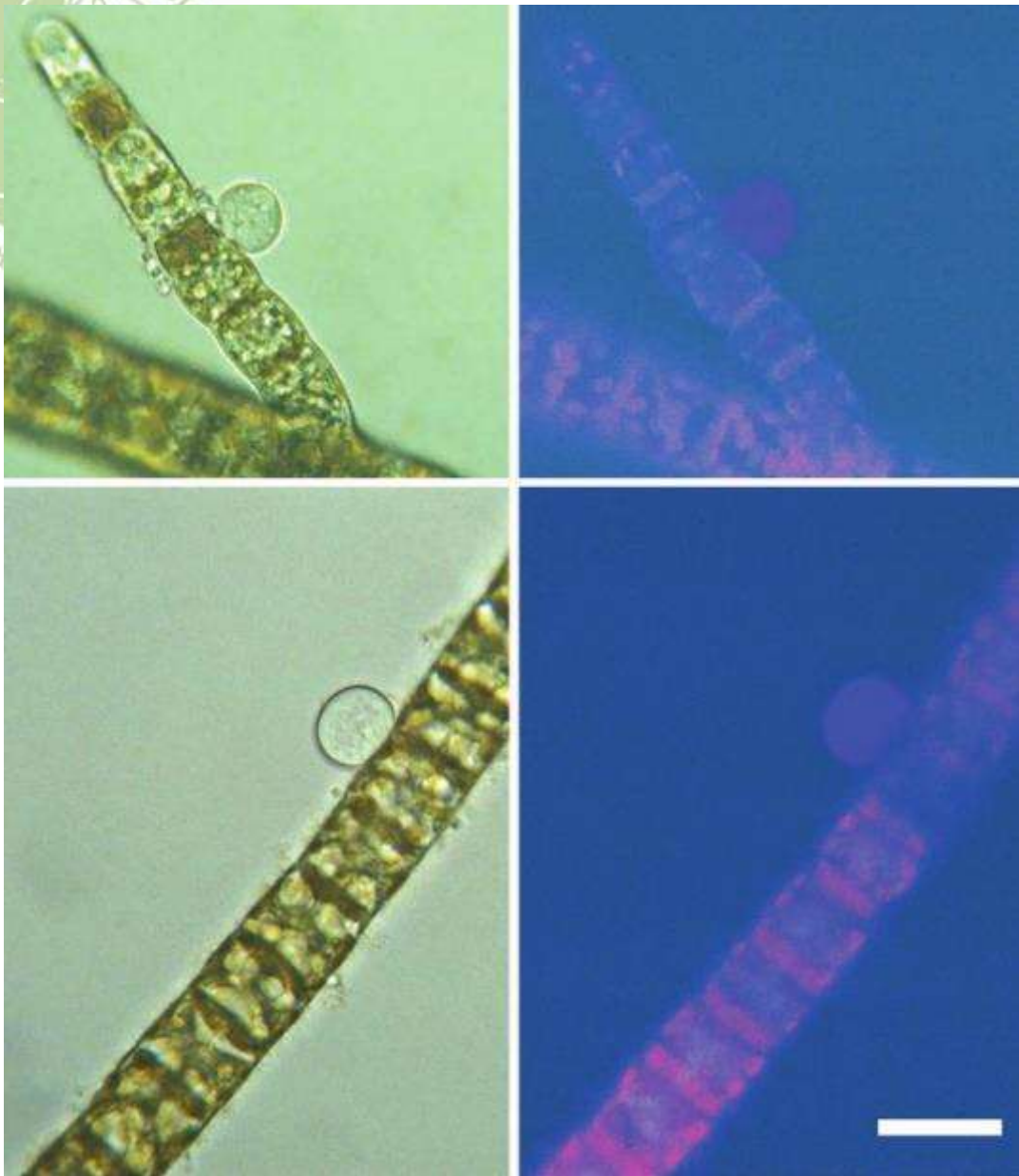
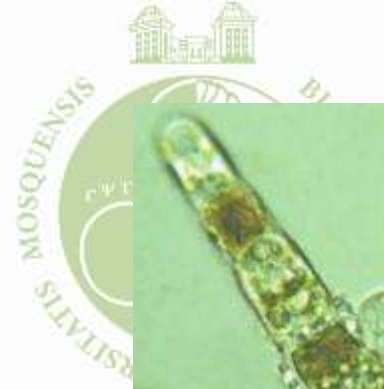


- бурые
- красные
- зелёные

Соотношение групп водорослей, поражаемых паразитическими грибами



- Имеющиеся сведения указывают на то, что в большинстве случаев определенные виды грибов ограничены по отношению к определенным хозяевам, неизбирательность среди грибов-альгопаразитов встречается единично.
- Каждый паразит ограничен одной систематической категорией водорослей.
- Исключением является только хитридиомицет *Chytridium polysiphonae*, поражающий нитчатые красные и бурые водоросли не менее, чем из четырёх родов.
- В то же время некоторые грибы атакуют множество родов в пределах одного крупного таксона. Другие виды грибов встречаются на нескольких видах хозяев в пределах одного рода, а некоторые являются специфическими для хозяина, паразитирующими только на одном виде водорослей.



Грибы, такие как аскомицеты из родов *Pontogeneia* и *Chadefaudia*, а также хитридиомицеты *Thalassochytrium gracilariopsis* и *Chytridium polysiphoniae*, паразитируют на водорослях, не вызывая ярких внешних симптомов.

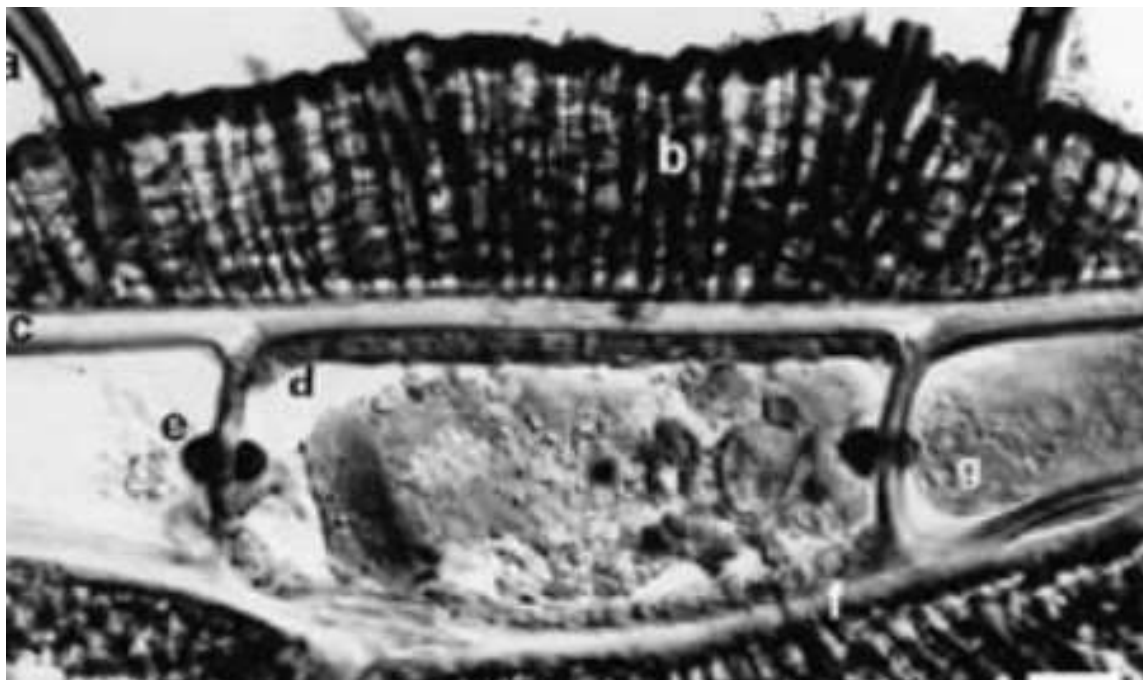
*Chytridium polysiphoniae* с Шетландских островов, заражающий *Pyraliella littoralis*

Gleason et al., 2011



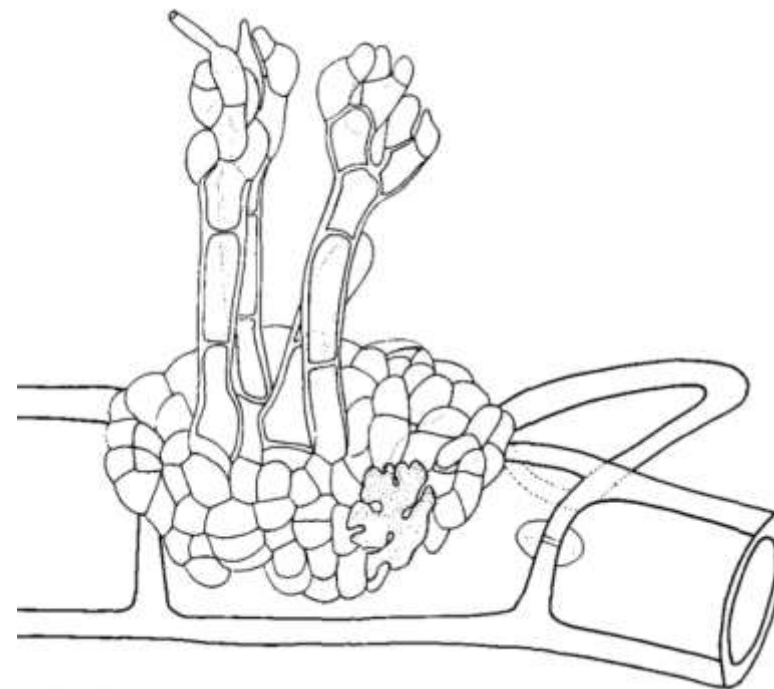


Одним из немногих случаев, когда было прослежено развитие паразита является исследование *Spathulospora lanata*. Этот гриб находят на *Ballia hirsuta* и *Ballia scoparia* в водах Новой Зеландии.



Продольный срез молодого слоевища *Spathulospora lanata* на *Ballia hirsuta*

Raghukumar, 2017

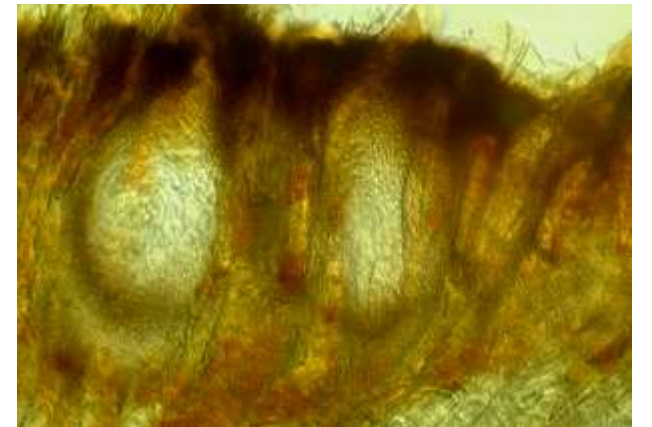


Молодое слоевище с первично сформированным темным апрессорием

Kohlmeier et al., 2018

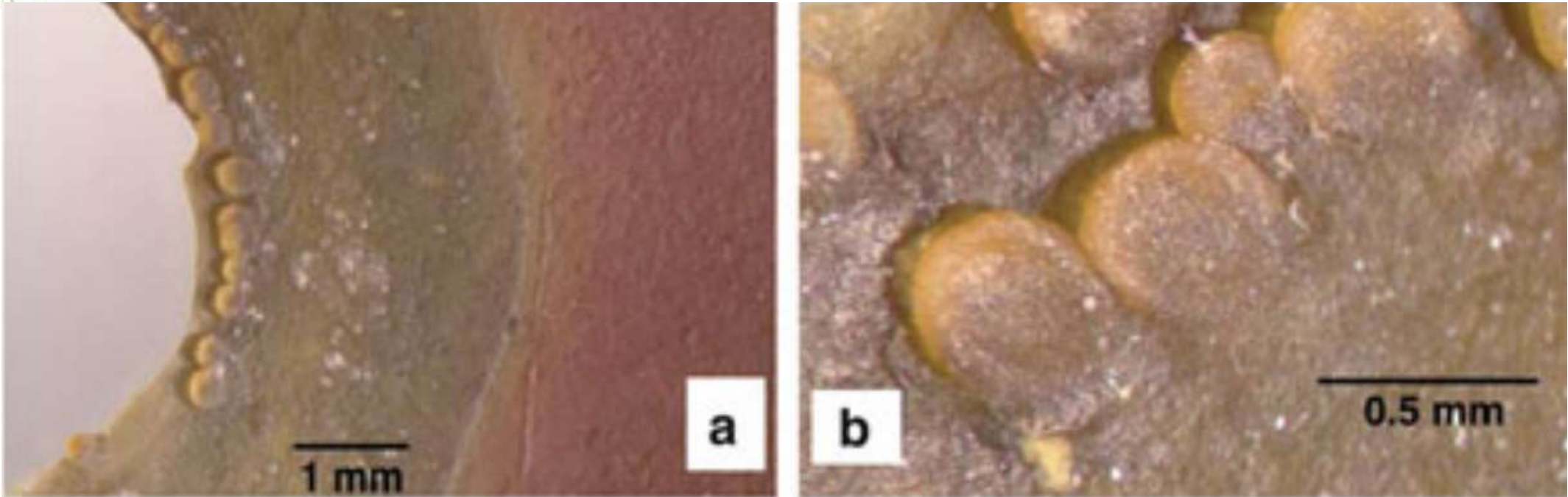


*Phycomelaina laminariae* – распространённый паразит на стволиках и ризоидах бурых ламинариевых водорослей



10 cm

Фото: Е. Бубнова, Т. Антохина

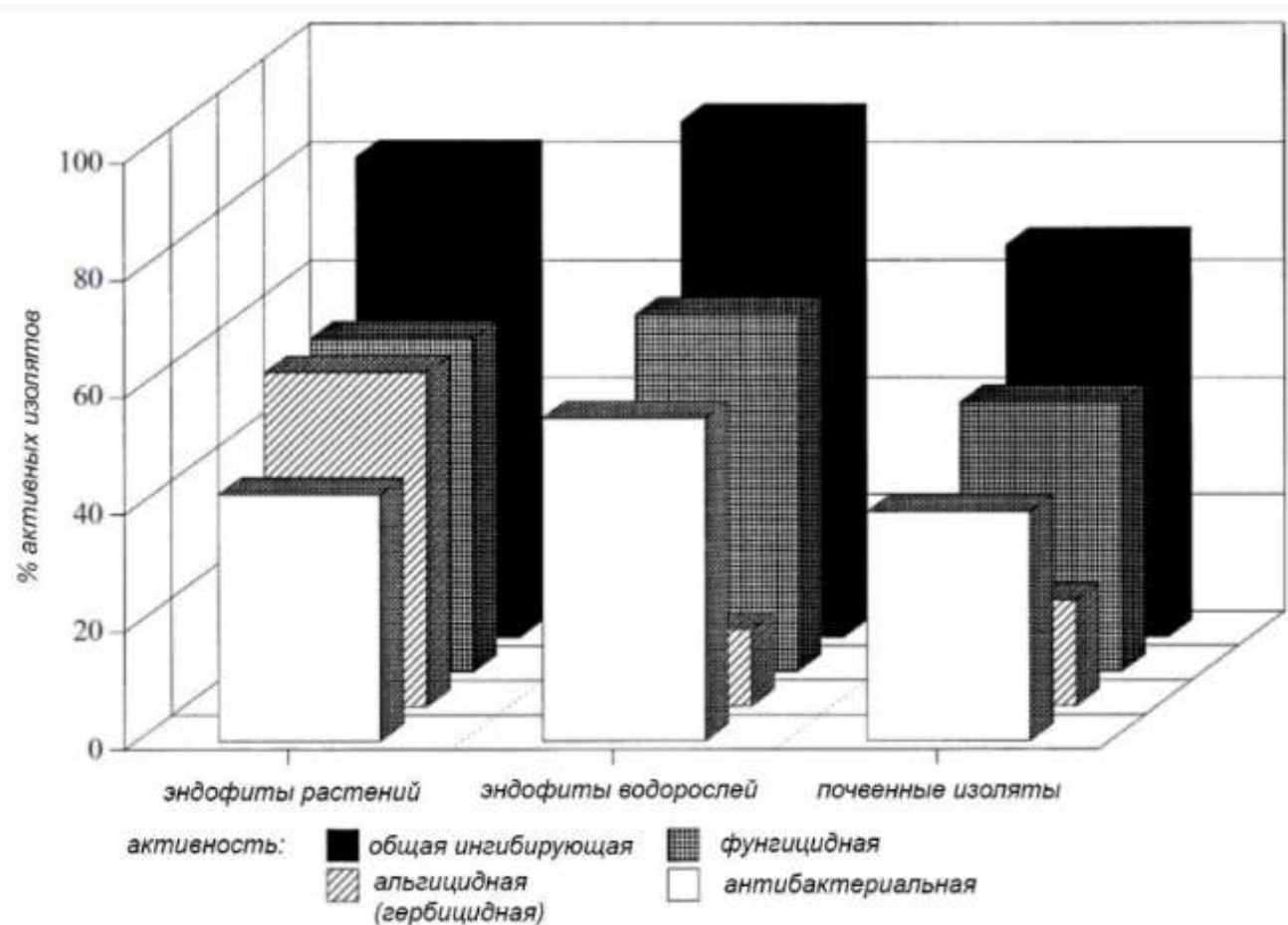


Базидиокарпы *Musaureola dilseae* на красной водоросли *Dilsea carnosa*  
вокруг очага некроза

Raghukumar, 2017



# Метаболиты грибов, ассоциированных с морскими водорослями-макрофитами





# Заключение

- Грибы, ассоциированные с водорослями, видимо, многочисленны и разнообразны, но слабо изучены.
- На поверхности талломов и в слизистых чехлах обитают сообщества эпифитов, внутри талломов – бессимптомные эндофиты. С живыми талломами грибы могут образовывать ассоциации по типу мутуализма или паразитизма, а отмершие талломы разлагают сапротрофы.
- В области изучения взаимодействий грибов с морскими макрофитами ещё очень большие перспективы. Также очень перспективны исследования их активных метаболитов, в плане обнаружения веществ для медицины и биотехнологии.



Спасибо за внимание!