

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ М.В. ЛОМОНОСОВА
БИОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ
БЕЛОМОРСКАЯ БИОЛОГИЧЕСКАЯ СТАНЦИЯ -
ИМЕНИ Н.А. ПЕРЦОВА

МАТЕРИАЛЫ

научной конференции
«Морская биология, геология, океанология -
междисциплинарные исследования на морских
станционарах»,
посвященной 75-летию
Беломорской биологической
станции им. Н.А. Перцова
27 февраля – 1 марта 2013 года



Москва ♦ 2013

УДК 592: 574.5 (268.46)

Материалы научной конференции «Морская биология, геология, океанология – междисциплинарные исследования на морских стационарах», посвященной 75-летию Беломорской биологической станции МГУ (Москва, МГУ им. М.В. Ломоносова, 27 февраля — 1 марта 2013 г.): Тезисы докладов.— М.: Товарищество научных изданий КМК, 2013.— 368 с.

В сборник включены тезисы докладов, подготовленные участниками XII научной конференции Беломорской биостанции им. Н.А. Перцова Биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова с международным участием: «Морская биология, геология, океанология — междисциплинарные исследования на морских стационарах» (27 февраля — 1 марта 2013 г.). Конференция посвящена 75-летию биостанции. Представлены результаты исследований в области биологии, геологии, географии и комплексных работ, выполненных на морских стационарах России и за рубежом, в том числе на Беломорской биостанции МГУ.

*Издание подготовлено при финансовой поддержке РФФИ
(грант 13-04-06015-з)*

ISBN 978-5-87317-894-0

© БС МГУ, 2013
© Т-во научных изданий
КМК, издание, 2013

Примморфы были последней стадией реагрегации у исследованных видов губок. После завершения своего формирования примморфы сохраняли жизнеспособность более месяца, но восстановления исходной организации губки не происходило. В течение этого времени наблюдали постепенное слияние примморфов и увеличение их размеров. За семь дней после завершения формирования примморфов в культурах *H. aquaeductus* их размеры увеличились с 177 мкм до 614 мкм. В культурах *H. panicea* в тот же период времени размеры примморфов увеличились с 136 мкм до 275 мкм.

Данная работа позволила отработать методики получения клеточных агрегатов из суспензий клеток губок и определить основные этапы процесса реагрегации клеток у двух видов беломорских губок. Это послужит основой для более детальных исследований процесса реагрегации. Предстоит изучить роль и поведение различных типов клеток, формирование новых межклеточных контактов и восстановление внеклеточного матрикса и скелетных элементов в ходе этого процесса.

АНОКСИГЕННЫЕ ФОТОТРОФНЫЕ БАКТЕРИИ ОЗЕРА КИСЛО-СЛАДКОЕ (КАНДАЛАКШСКИЙ ЗАЛИВ БЕЛОГО МОРЯ).

О.Н. Лунина, А.С. Саввичев, И.И. Русанов, Н.В. Пименов,
В.М. Горленко

Ин-т микробиологии им. С.Н. Виноградского РАН

В сентябре 2010 г. проведено исследование сообщества анокси-генных фототрофных бактерий (АФБ) водной толщи небольшо-го стратифицированного озера Кисло-сладкое (100 м × 60 м, средняя глубина 1–1,5 м), недавно отделившегося от моря (Кандалакшский залив Белого моря). Несмотря на недавнее образо-вание озера, в нем сложилось уникальное сообщество АФБ, со-стоящее как из морских, так и из солетолерантных микроорга-низмов. Практически все выделенные штаммы оказались по тем или иным признакам отличными от ранее известных видов.

В наиболее глубокой части озера (4,2 м) редокс-зона распо-лагалась на глубине 2,6–2,7 м. Концентрация сероводорода в придонном горизонте составила 16 мг/л. Общая соленость в воде озера изменялась от 13,8 г/л в поверхностных слоях до

16,7 на нижней границе хемоклина, и далее до 17,2 г/л у дна. Соленость морской воды по другую сторону перемычки со-ставляла 21–24 г/л. Термоклин наблюдался на глубине 2,5–3 м и практически совпадал с редокс-зоной и галоклином. Темпера-тура воды понижалась с 12,8°С на поверхности до 8,8°С у дна. На границе окисленных и восстановленных вод pH со-ставлял 7,3.

Вода сероводородной зоны озера имела буро-зеленый цвет за счет интенсивного развития зеленых серобактерий (ЗСБ), также в воде присутствовали пурпурные бактерии. Из проб воды озера было выделено 9 штаммов АФБ, три из которых отнесены к ЗСБ (штаммы *Pr*ПС10, *Chlv*ПС10, *Phv*ПС10), 5 — к пурпурным серобактериям (ПСБ) (штаммы *Tca*ПС10, *Tcy*ПС10, *Tcyr*ПС10, *Am*ПС10, *Trcc*ПС10) и 1 — к пурпурным несерным бактериям (ПНБ) (штамм *Rv*ПС10).

Было неожиданным, что два морфологически разных зеле-но-окрашенных штамма ЗСБ (*Pr*ПС10 и *Chlv*ПС10) оказались филогенетически идентичными, и близкими к штамму *Phv*ПС10, представленному коричнево-окрашенными бактери-ями *Chlorobium phaeovibrioides*, имея с ним 99% сходства по данным сиквенса гена 16S рРНК. В тоже время, с ближайшим зелено-окрашенным видом (*Chlorobium luteolum*) их сходство составило 98%.

Следует отметить, что развитие типично морских ЗСБ *Ch. phaeovibrioides* ранее обнаруживалось только в глубоко-водных меромиктических водоемах, таких как Черное море, оз. Могильное (о. Кильдин, Баренцево море). Этот вид ЗСБ со-держит бактериохлорофилл *e* и обогащен каротиноидом изо-рениератином, что позволяет ему выигрывать конкуренцию с зелено-окрашенными видами ЗСБ на больших глубинах, куда проникает преимущественно коротковолновая часть видимого света небольшой интенсивности. В состав прибрежных мик-робных матов коричнево-окрашенные ЗСБ не входят, и их по-явление в молодом стратифицированном водоеме не может быть объяснено вторичной адаптацией бентосных форм анокси-генных фототрофов к планктонному существованию. В то время, как большинство других, обнаруженных нами видов, вполне могли переселиться из мелководных бентосных альго-бактериальных сообществ Белого моря.

Еще одной неожиданностью была 100% филогенетическая близость (на основании анализа гена 16S рРНК) трех изолированных морфотипов ЗСБ, один из которых был коричневым, а два других имели зеленую окраску, благодаря присутствию бактериохлорофилла *d* и лишь небольшого количества каротиноида хлоробактина. Существенно, что эти изоляты практически не отличались также по данным сиквенса ФМО — протеина (по неопубликованным данным Туровой Т.П.). Таким образом, получено еще одно подтверждение, что ЗСБ генетически консервативная группа АФБ, где отдельные виды имеют лишь незначительные отличия в геноме, отражающие адаптационные тенденции, индуцированные существованием в конкретной экосистеме. Генетическая близость сосуществующих разнокачественных популяций ЗСБ в недавно изолированном от открытого залива водоеме дает основание высказать предположение о высоком темпе возникновения и генетического закрепления таких существенных адаптационных признаков как тип антенных хлорофиллов и каротиноидов. Очевидно также, что наличие газовых везикул у ЗСБ, как и у ПСБ, не вызвана существенными изменениями в геноме.

Все выделенные штаммы ПСБ оказались новыми микроорганизмами родов *Thiocapsa* и *Thiorhodococcus*.

Выделенный штамм *Tca*ПС10 оказался филогенетически близок к *Thiocapsa pendens*, *Tca. roseopersicina* и штамму *Mogl Tca. sp.*, выделенному из оз. Могильное в 1999 г. и имел с ними по 98% сходства.

Два морфо-физиологически близких штамма *Tcr*ПС10 и *Am*ПС10, имели округлые клетки, содержали оkenон и газовые вакуоли. Эти штаммы по гену 16S рРНК имели наибольшее родство (99%) с видами *Tca. marina* (содержит оkenон, без газовых вакуолей) и *Tca. rosea* (содержит спириллоксантин и газовые вакуоли).

Родопинал-содержащий штамм *Trcf*ПС10 имел 99% сходства с типовым штаммом *Thiorhodococcus kakinadensis*, и является одним из штаммов этого вида. Родопин-содержащий штамм *Tcc*ПС10 оказался близок к штамму *Trcf*ПС10 99% сходства и 98% с *Thiorhodococcus drewsii*.

Выделенные ПНБ штамм *Rv*ПС10 по данным анализа нук-

леотидных последовательностей гена 16S рРНК имели 100% сходства со штаммом *Rhodovulum sulfidophilum* JA198 и 98% сходства с типовым штаммом этого вида.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ FMRF-АМИД-ПОЛОЖИТЕЛЬНОГО ОКРАШИВАНИЯ
У ПЛАНУЛЫ И В КОЛОНИИ ГИДРОИДНОГО *GONOTHYRAEA LOVENI*
(ALLMAN 1859)

Т.Д. Майорова, И.А. Косевич

Биологический ф-т МГУ им. М.В. Ломоносова

В работе нервной системы Стрекающих принимают участие нейромедиаторы, принадлежащие к широкому кругу различных классов нейрорактивных веществ. Это могут быть классические транзиттеры, нейропептиды, эйкозаноиды, а также оксид азота. Одними из наиболее изученных нейромедиаторных веществ у Стрекающих являются нейропептиды. Эти вещества синтезируются в нервных клетках и в большинстве случаев функционируют как нейротранзиттеры и нейрогормоны. Было показано, что большинство нейронов у изученных видов стрекающих синтезируют нейропептиды, принадлежащие семейству RF-амидов, все представители которого характеризуются аминокислотной последовательностью -Arg-Phe-NH₂ на С-конце. FMRF-амиды — это подсемейство семейства RF-амидов, С-конец которых несет следующие остатки аминокислот: Phe-Met-Arg-Phe-NH₂. Нервные клетки с FMRF-амидами были зарегистрированы у многих видов стрекающих, причем FMRF-амид-положительная нервная система была показана на личиночной, полипоидной и медузоидной стадиях развития. Наиболее хорошо в данном направлении изучены виды *Halocordyle disticha* (Hydrozoa) (Martin 1988), *Hydractinia echinata* (Hydrozoa) (Walter et al. 1996), *Aurelia aurita* (Scyphozoa) (Nakanishi et al. 2008; Майорова и др. 2012) и *Nematostella vectensis* (Anthozoa) (Marlow et al. 2009).

Однако, не смотря на то, что большинство представителей класса Hydrozoa являются колониальными животными, организация нервной системы в ценосарке колонии оставалась практически не изученной. Ранее, сеть, состоящая из отростков нервных клеток, была описана лишь в гидрантах некоторых видов

продольно-ориентированных нервных отростков, однако между ними заметны отростки, расположенные под углом к длинной оси, которые, таким образом, соединяют соседние нервные отростки, параллельные друг другу. Также видны места межнейрональных контактов и бифуркации нервных отростков. Особое внимание привлекает ряд биполярных нейронов, тела которых расположены строго в основании каждого щупальца, один отросток направлен в щупальце, а другой – в противоположном, проксимальном направлении.

При одновременном окрашивании тканей междузлия антителами против тирозинированного тубулина и FMRF-амида было показано, что лишь часть тубулин-положительных нервных клеток является в то же время и FMRF-амид-положительными. Следовательно, оставшаяся часть нервных клеток характеризуется отличными от FMRF-амида веществами. Таким образом, в нервной системе колонии *G. loveni* принимают участие несколько нейромедиаторных веществ, включающих нейропептиды семейства FMRF-амидов.

Помимо этого, было проведено одновременное окрашивание антителами против тирозинированного тубулина и фаллоидином, показавшее близкое расположение нервных и мышечных отростков в гидранте *G. loveni*. Одна из возможных функций FMRF-амид-положительных нервных клеток *G. loveni* — регуляция мышечного сокращения. К подобному выводу об участии нейропептидов семейства FMRF-амидов в мышечном сокращении склоняются авторы большинства исследований, проведенных на стрекочущих (Grimmelikhuijzen, 1983; Weber, 1989; Grimmelikhuijzen et al., 2002; Mackie, 2004; Kass-Simon and Pierobon, 2007; Satterlie, 2008). Кроме этого, на некоторых гидроидных было показано наличие синапсов между книдоцитами и FMRF-амид-положительными нервными клетками. Считается, что последние регулируют и синхронизируют выстреливание книдоцитов (Anderson et al., 2004; Price and Anderson, 2006). Поскольку FMRF-амид-положительные нервные отростки проникают в щупальца *G. loveni* и проходят в непосредственной близости от основания многочисленных книдоцитов, эта версия также может быть верна и для *G. loveni*.

Следующей задачей настоящего исследования было проследить процесс закладки нервной системы в ходе формирования нового междузлия колонии *G. loveni*. Было показано, что на

начальных этапах роста междузлия нервные клетки в тканях ценосарки отсутствуют. Первые нервные клетки были выявлены, когда растущее междузлие достигало примерно половины длины зрелого междузлия. На этой стадии формирования, нервные клетки представлены тубулин- и FMRF-амид-положительными биполярными нейронами с короткими отростками, ориентированными продольно. Стоит подчеркнуть, что иммуноположительные клетки занимают лишь проксимальную половину растущего междузлия.

На стадии формирования зачатка гидранта *G. loveni* нервные клетки достигают дистальной части формирующегося междузлия, т.е. оказываются непосредственно в тканях самого зачатка гидранта. В этот момент видно, что отростки нервных клеток становятся значительно длиннее, чем отростки нервных клеток на более ранней стадии роста междузлия. Помимо удлинения, можно отметить, что некоторые отростки приобретают сложную извилистую форму и начинают давать бифуркации.

Известно, что в ценосарке происходит активная миграция клеток в направлении верхушки роста (Kossevitch, 1999). По-видимому, нервные клетки претерпевают дифференцировку в процессе миграции коммитированных нейрогенных предшественников из тканей колонии в растущее междузлие.

Таким образом, в настоящем исследовании мы впервые продемонстрировали наличие FMRF-амид-положительных клеток у планул *G. loveni*, а также впервые показали, что и в ценосарке, и в гидрантах колонии текатных гидроидных (на примере *G. loveni*) присутствует достаточно сложно организованная нервная система. При этом в ходе развития новых элементов колонии процесс дифференцировки и усложнения нервной системы происходит постепенно и связан со стадией роста междузлия.

Исследования выполнены при поддержке Министерства образования и науки РФ, Совета по грантам Президента РФ и проведены в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009–2013 гг.».