

Особенности оснащения и эксплуатации рифовых аквариумов в экспозиции зоопарка



Попонов С.Ю.

К.б.н., ведущий зоолог
Московский зоопарк

С каждым годом морские аквариумы с кораллами становятся все более популярными в экспозициях океанариумов и зоопарков. Они характеризуются большим разнообразием морских тропических рыб, беспозвоночных животных (кишечнополостные, иглокожие, моллюски, ракообразные) и водорослей.



(фото из интернета для примера)

Первая экспозиция мягких кораллов в Экзотариуме Московского зоопарка

В 1995 году в Московском зоопарке была открыта новая экспозиция «Экзотариум», в которой наряду с морскими рыбами были представлены мягкие кораллы и другие кишечнополостные (актинии, дисковые актинии, синулярии, лобофитоны, зоантусы, саркофитоны)



Экспозиция жестких кораллов в Экзотариуме Московского зоопарка

В 2010 году мы начали работы по созданию экспозиции с мадрепоровыми кораллами (*Madreporaria*).

Основываясь на теоретическом опыте зарубежных коллег (Delbeek and Sprung, 2005, Fossa and Nilsen, 1996, Tolosa, 2013) и личном практическом 20-летним опыте работы с мягкими кораллами, мы начали отрабатывать подходящие условия для содержания этих беспозвоночных.



(фото из интернета для примера)

Специфика условий содержания жестких кораллов

При создании благоприятных условий содержания рифовые системы могут существовать годами, а жесткие кораллы в них благополучно расти и размножаться.

В лаборатории и экспозиции Экзотариума мы подготовили аквариумы с системами жизнеобеспечения и освещения для жестких кораллов. Для контроля гидрохимических параметров воды приобрели приборы, наборы реактивов и тесты. Затем начали собирать коллекцию мадрепоровых кораллов.

За 12-ти летний опыт содержания как крупнополипных, так и мелкополипных мадрепоровых кораллов, мы определили некоторые специфические особенности эксплуатации аквариумных рифовых систем.



Специфика условий содержания жестких кораллов

Специфика наших условий – относительно некрупные системы объемами 600 литров с высокой степенью заполнения гидробионтами.

В настоящее время система жизнеобеспечения каждого нашего рифового аквариума включает в себя гравийные кассеты, механическую фильтрацию и орошаемый фильтр, заполненный биоболсами. Блок фильтрации располагается в 150-ти литровом сампе аквариума. В сампе установлен погружной скиммер (H&S) и угольная кассета или фильтр кипящего слоя.



Морская вода для жестких кораллов

Качество морской воды для жестких кораллов является важным фактором для их успешного содержания. Искусственная морская вода для содержания мадрепоровых кораллов по составу должна существенно отличаться от морской воды для содержания рыб:

- расширенный состав микроэлементов
- увеличенное содержание Са
- дополнительные добавки (коммерческие препараты), состав которых фирмы обычно не разглашают.

Эти компоненты играют основную роль в процессе кальцификации в коралловых скелетах..

Для нормальной кальцификации в искусственных условиях должен быть следующий баланс гидрохимических параметров морской воды: **температура воды 25 – 28 °С, соленость 35‰, Са 380 – 420 мг/л, Mg 1250-1350 мг/л при показателях dKH 7 – 9 и pH 8,0 – 8,3, NO₃ 0 – 1 мг/л при PO₄ 0,02 – 0,04 мг/л.**

ИОН	Исследуемый образец	Референс
Магний	1210 мг/л	1317 мг/л
Калий	360 мг/л	400 мг/л
Сера	810 мг/л	970 мг/л
Рубидий	32 мкг/л	120 мкг/л



Исследование морской воды в лабораторной системе при содержании кораллов

Заниженное содержание данных элементов вызывало у *Montipora sp.* и *Acropora sp.* изменение цвета, в дальнейшем обесцвечивание и гибель отдельных участков. Внесение недостающих количеств этих химических элементов позволило остановить процесс обесцвечивания и положительно повлиять на восстановление погибших участков (Попонов С. 2020, С-П. Сборник тезисов)

Метод исследования: расширенный химический анализ воды из коралловых систем по 59 химическим элементам методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой

Исследование ионного состава свежеприготовленной искусственной морской воды

Ион	Исследуемый образец (из нескольких мешков)	Референс
Магний	1180 - 1220 мг/л	1317 мг/л
Калий	360 мг/л	390 мг/л
Литий	16 мкг/л	180 мкг/л
Рубидий	31-32 мкг/л	120 мкг/л

Метод исследования - масс-спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой

Ион	Исследуемый образец (из нескольких мешков)	Референс
Бор	6500-7200 мкг/л	4600 мкг/л
Марганец	71-72 мкг/л	4 мкг/л
Железо	59 мкг/л	30 мкг/л
Кобальт	5,6-5,7 мкг/л	1 мкг/л
Цинк	160-200 мкг/л	5-50 мкг/л
Молибден	15 мкг/л	1-10 мкг/л
Барий	300-360 мкг/л	20-50 мкг/л
Бром	70000-71800 мкг/л	66000 мкг/л
Иод	140-180 мкг/л	50 мкг/л
Ртуть	0,65-2,8 мкг/л	0,03 мкг/л
Селен	6,4 мкг/л	0,04-4 мкг/л

Исследование ионного состава свежеприготовленной искусственной морской воды

Повышенное содержание химических элементов в исследуемой искусственной морской воде по сравнению со средними значениями содержания их в природной морской воде свидетельствуют о том, что данная синтетическая морская соль содержит в своем составе большое количество **нежелательных и опасных примесей**. Разброс содержания химических элементов в разных мешках характеризует ее как неоднородную, неравномерно перемешанную смесь химических реактивов. Такая неравномерность химического состава морской соли не позволяет создать стабильные условия для содержания морских беспозвоночных, что осложняет работу и может быть причиной их гибели.

Нестабильный химический состав морской воды послужил предпосылкой для поиска и замены морской соли для содержания кишечнорастворимых животных.

Морская соль

- Из имеющихся в продаже была выбрана морская соль отечественного производства – Марисоль-К. Мы используем эту соль с 2020г. По прошествии 2,5 лет можно подвести некоторые итоги.
- Адаптация и привыкание кишечнорастворимых животных к новому химическому составу морской воды, приготовленной из морской соли Марисоль-К, заняло около года. Многие колонии кораллов отреагировали положительно – появились точки роста – характерный благоприятный признак. Кораллы пошли в рост.
- На субстрате и на стеклах аквариума появились кароллиновые известковые обрастания.
- Улучшилась насыщенность цвета у кораллов. Они стали более яркими.



Rhodactis inchoata «super man»

Параметры морской воды для содержания кораллов

Для поддержания стабильных гидрохимических условия при высокой плотности содержания кораллов необходимы:

Ежедневный мониторинг основных гидрохимических параметров воды (pH, КН, Са):

- **pH 8,0-8,3 (pH-метр Mettler Toledo MP220)**
- **dKH 7-9 (API KH Carbonate Hardness Test Kit, Salifert)**
- **Са - 380-420 мг/л (Red Sea Calcium Pro Test Kit, Hanna)**

Ежедневная коррекция параметров воды с помощью добавок:

- **Са:** расчетное недостающее количество в виде раствора хлорида кальция.
- **pH/КН:** добавка карбонат-бикарбонатного буфера.

Параметры морской воды для содержания кораллов

Еженедельный мониторинг уровней нитратов и фосфатов:

- - Тестирование:
- **NO₃ 0-1 мг/л (Red Sea Algae Control Test Kit)**
- **PO₄ 0.02-0,04 мг/л (Red Sea Algae Control Test Kit, Hanna)**

- **Коррекция:**

- Снижение - спиртовой гетеротрофный денитрофикатор (Deltec), фильтр кипящего слоя с биопеллецами (ReefOctopus)
- Повышение – корректирующие растворы
- **Температура воды 25-28⁰С (ртутный термометр)**
- **Соленость 35‰ (ареометр)**
- *** 20-30% подмена морской воды 1 раз в две недели

Освещение

- Важно не только для эстетического восприятия аквариума, но и для жизнедеятельности кораллов.
- Правильно подобранные интенсивность и спектр света, а также режим освещения в рифовом аквариуме является важным фактором для протекания биологических процессов в организме кораллов, оказывая влияние в том числе на их окрашивание.
- *Параметры:*
 - металогалогеновые светильники с лампами 150вт 20000°K (BLV) в комбинации с люминесцентными лампами T5 Arcadia.
 - светодиодные светильники (Shark 40 Sea, China; Semigrow, China).
 - длительность светового дня 12 часов (с 8⁰⁰ до 20⁰⁰)
 - суточный ритм: программа «утро, день, вечер, ночь»



Оборудование

- Помпа течения
- флотатор
- денитрофикатор
- Циркуляционная помпа



Кормление кораллов

Еще одним ключевым параметром для успешного содержания кораллов является правильное кормление:

- **искусственные кормовые смеси:** Reef Actif (Tropic Marin), Pro-coral Reef Snow (Tropic Marin), Pro-coral Zooton (Tropic Marin), Pro-coral Phyton (Tropic Marin), Reef Pearls (Reef Interests). Для LPS кораллов применяли гранулы Ultra LPS grow+color (Fauna Marin).

- **природные компоненты:** концентраты Phyto Crom (Brightwell Aquatics), Chroma Max (Kent), Phyton Max (Kent)

- **живые корма:** культуры морских водорослей (*Nannochloropsis* sp.), солоноводных коловраток (*Brachionus plicatilis*) и науплии артемии.

- **аминокислоты и витаминные добавки** (Reef Booster и Coral Vits (Prodibio))

Режим питания:

- различные сочетания
- основной корм несколько раз в день
- полезные добавки по инструкции производителя

Коллекция кораллов Московского зоопарка

Крупнополипные кораллы

- *Euphyllia glabrescens*
- *Euphyllia divisa*
- *Euphyllia parancora*
- *Euphyllia ancora*
- *Favia sp.*
- *Caulastrea curvata*
- *Caulastrea furcata*
- *Symphyllia sp.*

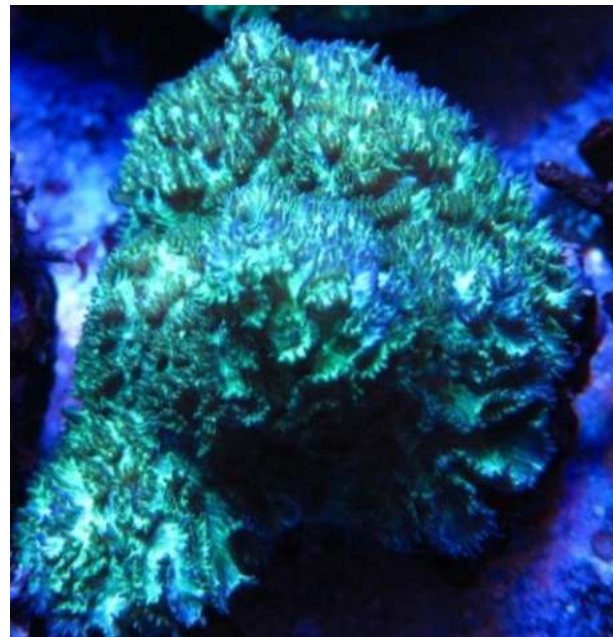
Мелкополипные кораллы

- *Pocillopora sp.*
- *Hydnophora rigida*
- *Montipora sp.*
- *Stylophora pistillata*
- *Seriatopora hystrix*
- *Acropora sp.*
- *Montipora sp.*

Seriatopora caliendrum



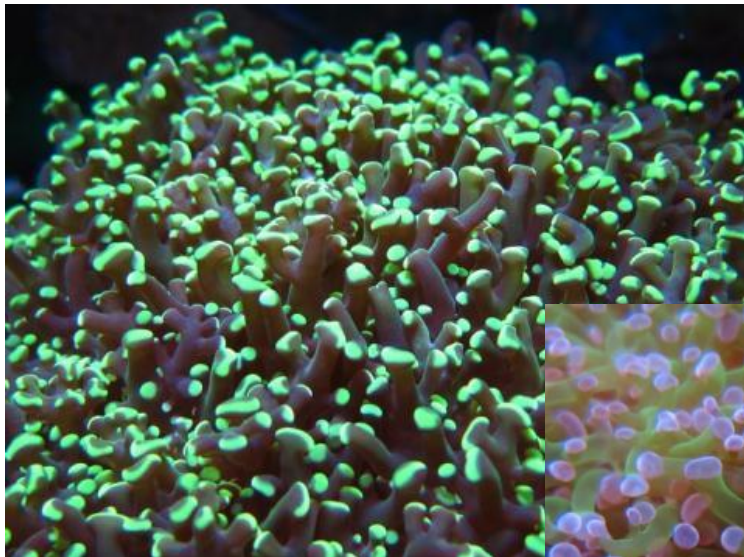
Hydnophora rigida



Favia sp.



Euphyllia sp.



Anacropora «Red TNT»

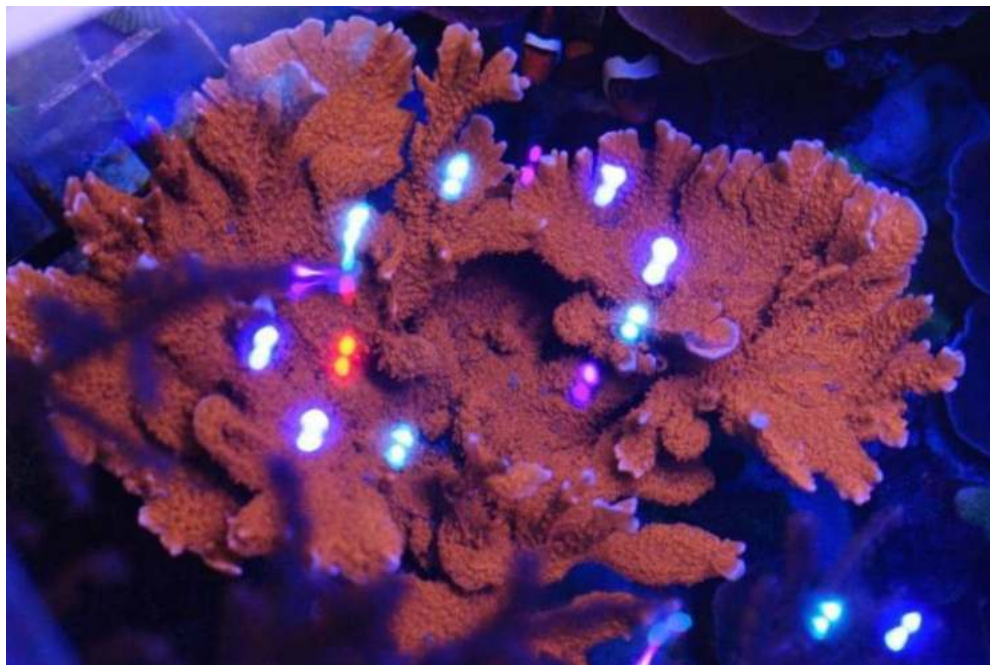


Фото: Коллекция кишечнорастных животных Московского зоопарка

Acropora sp.

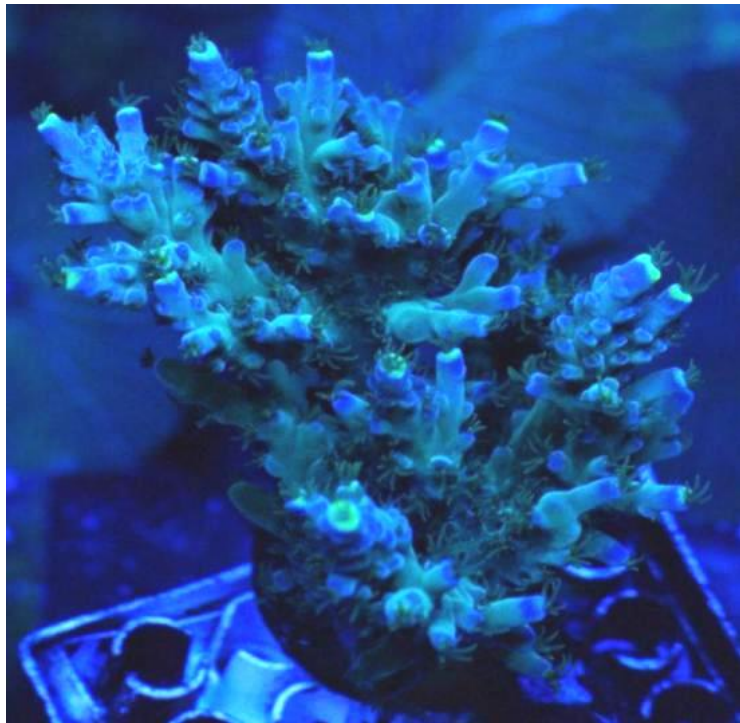


Фото: Коллекция кишечнорастных животных Московского зоопарка

Symphyllia sp.



Фото: Коллекция кишечнорастных животных Московского зоопарка

Caulastrea curvata



Caulastrea furcata

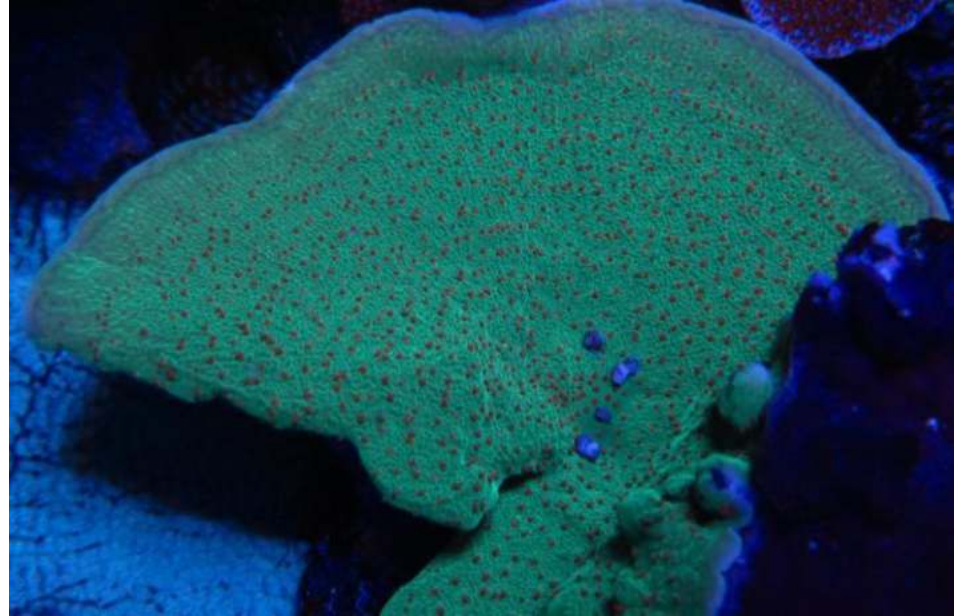


Montipora sp.



Фото: Коллекция кишечнорастных животных Московского зоопарка

Montipora sp.



A close-up photograph of a sea anemone. The body is a vibrant green, and the tentacles are a deep purple. The background is dark blue, suggesting an underwater environment. The text "Спасибо за внимание!" is overlaid in the center in white.

Спасибо за внимание!