

Мельников Виктор¹, Нгуен Ван Лонг², Чудиновских Елена¹, Силаков Михаил¹

¹ Институт биологии южных морей им. А. О. Ковалевского Российской академии наук, Севастополь, Российская Федерация, 299001

² Институт океанографии Вьетнамской академии наук и технологий (ВАСТ). ул. Кау Да, 01, Нячанг, Кханьхоа, Вьетнам

Коралловые рифы в прибрежных водах Вьетнама играют важную роль в поддержании биологического разнообразия и экологического баланса окружающих вод, а также предоставляют возможности для рыболовства и туризма. В данной работе мы впервые использовали метод одновременного визуального изучения состояния коралловых рифов и сбора проб зоопланктона над ними для проведения комплексной оценки состояния экосистемы. В мае – июне 2023 года в рамках 8-й международной российско-вьетнамской экспедиции VAST-FEB RAS в 66 научном рейсе НИС «Академик Опарин» было проведено исследование 17 коралловых рифов в южной части Южно-Китайского моря у берегов Вьетнама (рис. 1).

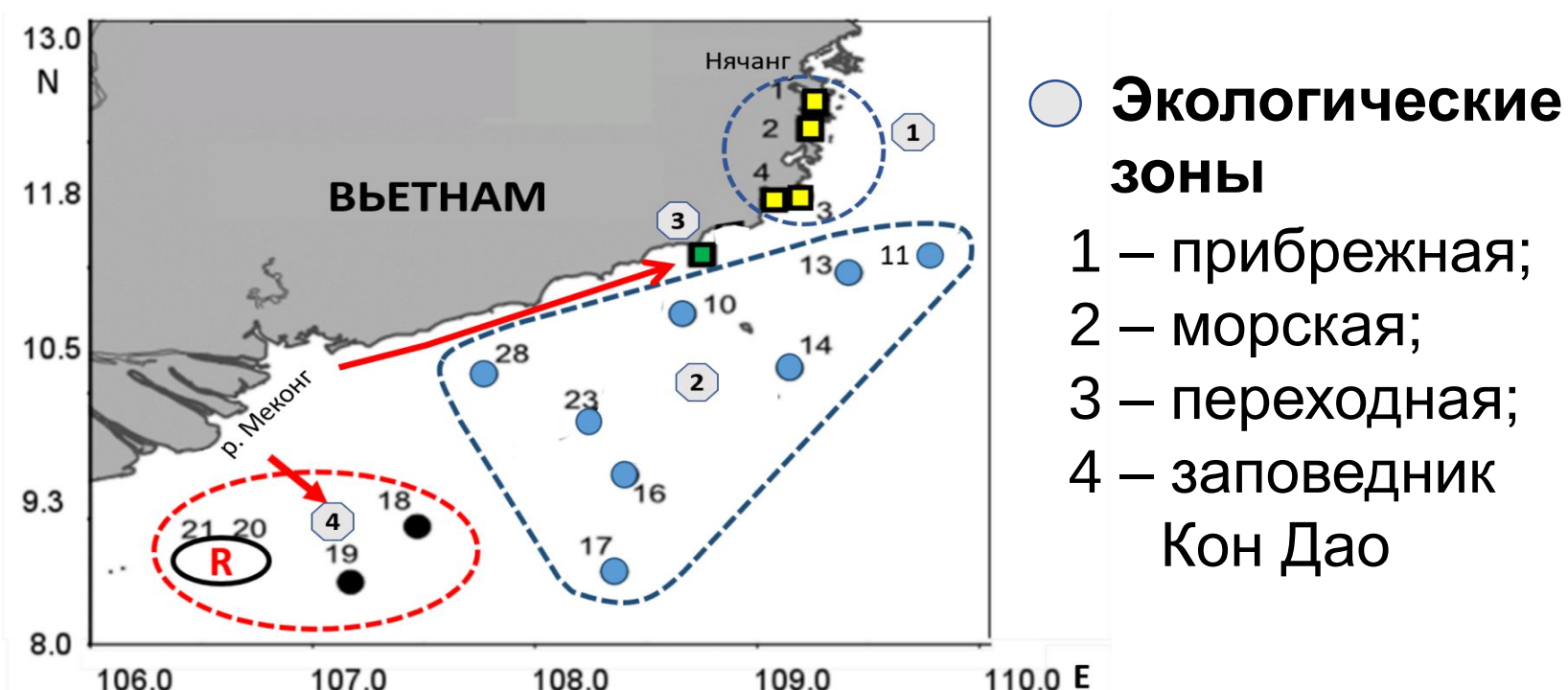
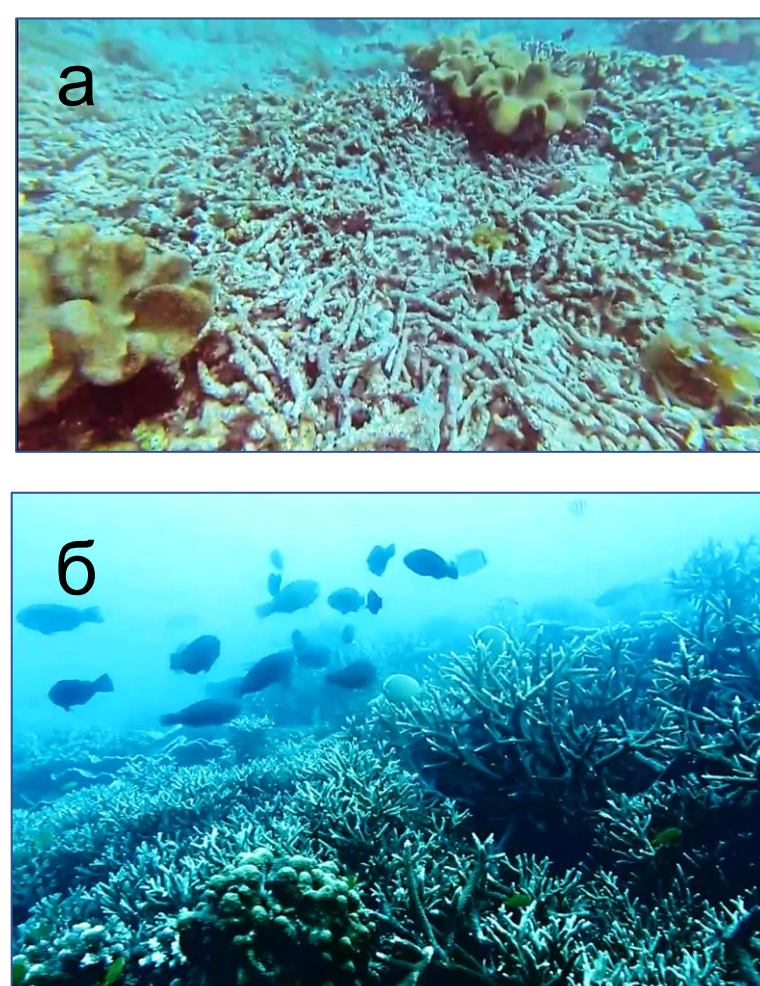


Рис. 1 Карта станций отбора проб в Южно-Китайском море вдоль побережья Вьетнама и группировка станций по состоянию коралловых рифовых сообществ

В мелководной северной части исследуемой области коралловые рифы были практически разрушены: дно было усеяно обломками кораллов (Рис. 2а). В более глубоких регионах состояние коралловых атоллов значительно улучшилось, и появилось больше рыбы и макроскопических беспозвоночных. Заповедник Кон Дао отличается высоким разнообразием, включая множество эндемичных и редких организмов, благодаря разнообразию условий обитания и защите от перелома и разрушения кораллов (рис. 2б).



КОРАЛЛОВЫЕ РИФЫ В СТАДИИ ДЕГРАДАЦИИ

(преобладают мягкие кораллы.
Экологические зоны 1 и 2)
Преобладает зоопланктон открытого океана

ХОРОШЕЕ СОСТОЯНИЕ КОРАЛЛОВЫХ РИФОВ

(доминируют твердые кораллы.
Экологические зоны 3 и 4)
Много донного меропланктона и ихтиопланктона

Рис. 2 Состояние коралловых рифов по визуальным наблюдениям в экологических зонах. а) прибрежной и морской б) переходной и в заповеднике

Исследование показало, что планктонные сообщества в районе изучения образуют четкие группы. Это разделение хорошо видно на графике анализа главных компонент (РСА) (рис. 3), где две основные оси объясняют 48,3% различий между станциями: РС1 (28,7%) главный градиент изменчивости (численность таксонов), РС2 (19,6%) – второй по значимости градиент, связанный с местоположением станции.

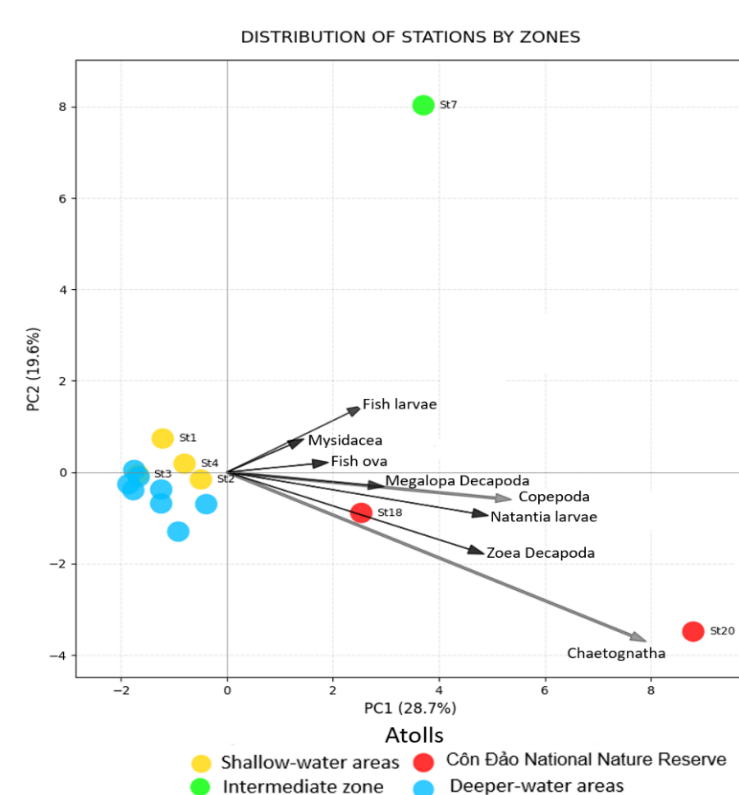


Рис. 3. Результаты анализа главных компонент (РСА) пространственного распределения зоопланктона в исследованном регионе: диаграмма рассеяния станций в осях РС1 (27.5% объясненной дисперсии) и РС2 (18.5%), с цветовой кодировкой по зонам. Вектора таксонов с нагрузками >0.7: жирные стрелки: доминирующие таксоны (Copepoda и Chaetognata), тонкими стрелками отмечены второстепенные группы (Zoea, Natantia larvae и др.).

Пространственное распределение биоразнообразия планктонных сообществ оценивалось с использованием индекса Маргалефа (DMg). В **прибрежной зоне 1** выявлено низкое биоразнообразие ($DMg = 1.1$) и самая низкая численностью планктона (14.8 ± 8.5 экз./м³). Большую часть его составляли копеподы (до 11 экз./м³) и икра рыб (до 9.8 экз./м³). Количество личинок крабов, креветок и лангустов колебалось в пределах 1 – 3 экз./м³. Количество личинок моллюсков составляло 0.2 – 0.5 экз./м³. Прочие группы присутствовали в следовых количествах (рис. 4).

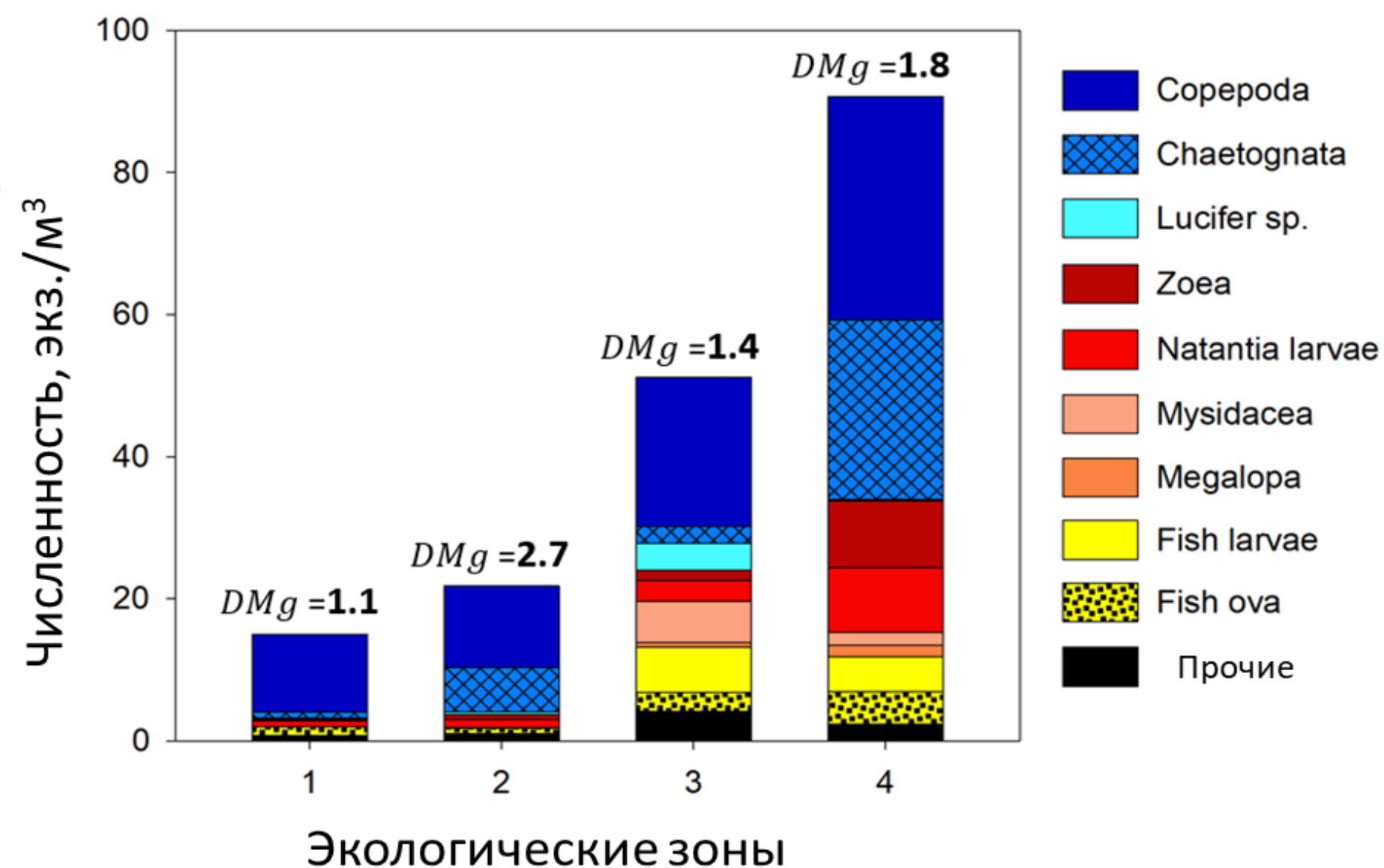


Рис. 4. Биоразнообразие по Маргалефу (DMg), таксономический состав и численность зоо- и ихтиопланктона в четырех экологических зонах

В **морской зоне (2)** наблюдалось самое высокое значение индекса биоразнообразия ($DMg = 2.7$). Численность планктона (14.8 ± 7.7 экз./м³) была чуть выше, чем в прибрежной зоне. Доля океанического голопланктона здесь достигала 80% за счет доминирования копепод (до 11.5 экз./м³) и хетогнат (до 7 экз./м³). Количество личинок донных ракообразных сократилось до 0.5 – 2 экз./м³. Прочие организмы планктона присутствовали в очень малом количестве.

В **переходной зоне (3)** наблюдалась почти вдвое большая численность планктона за счет резкого увеличения количества личинок ракообразных (до 5 экз./м³), мизид (до 5.8 экз./м³). При этом наблюдалось снижение индекса биоразнообразия вдвое ($DMg = 1.4$) по сравнению с морской зоной. Доля пелагического голопланктона (копепод, хетогнат и пелагических креветок рода Lucifer) сократилась в этом районе до 45%.

В районе **национального парка Кон Дао (4)** наблюдалась самая высокая численность зоопланктона (до 110–115 экз./м³). Увеличилась доля щетинкочелюстных (до 25 экз./м³), личинок донных ракообразных (до 20.2 экз./м³). Копеподы во всех экологических зонах преобладали по численности, но максимальная (до 31 экз./м³) зафиксирована в районе национального парка Кон Дао.

- Исследование выявило основные закономерности изменений планктонных сообществ над коралловыми рифами Южного Вьетнама.
- Наблюдалось постепенное замещение рифового планктона пелагическими видами, что указывает на деградацию экосистем коралловых рифов.
- Исследование показало значительные различия в планктонных сообществах над различными типами коралловых рифов Вьетнама.
- Изменения в биоразнообразии планктона напрямую связаны с состоянием экосистемы коралловых рифов.

Работы выполнены в рамках Государственного задания ФИЦ ИнЮМ РАН "Функциональные, метаболические и молекулярно-генетические механизмы адаптации морских организмов к экстремальным экотопам Черного и Азовского морей и других вод Мирового океана" (регистрационный номер 124030100137-6) и "Marine biodiversity in the emerging and submerged banks, offshore Islands, and deep-sea waters in South Vietnam" (Project code: QTRU02.03/23-24) Вьетнамской Академии наук и Технологии (VAST).