

УДК 574.3:593.6(579+1.751)

СОСТОЯНИЕ КОРАЛЛОВЫХ СООБЩЕСТВ В ТРЕХ МОРСКИХ НАЦИОНАЛЬНЫХ ПАРКАХ ВЬЕТНАМА

К.С. Ткаченко

Самарский государственный социально-педагогический университет,
konsttkachenko@gmail.com

Представлены результаты проведенной в период с 2013 по 2017 г. оценки экологического состояния коралловых сообществ трех крупнейших морских национальных парков Вьетнама — залива Нячанг, акватории национального парка Нуй Чуа (Центральный Вьетнам) и акватории архипелага Кон Дао (Южный Вьетнам). Наиболее высокое коралловое покрытие и наибольшая доля стрессочувствительных кораллов (Acroporidae+Pocilloporidae) выявлены на островах Кон Дао, наиболее низкие значения этих показателей приурочены к акватории залива Нячанг. Как в заливе Нячанг, так и в парке Нуй Чуа, расположенном в соседней провинции, отмечена вспышка численности основного кораллофага — морской звезды *Acanthaster planci*. Обсуждаются причины деградации коралловых сообществ в исследованных акваториях.

Ключевые слова: морские национальные парки, коралловые рифы, экологическое состояние, Вьетнам.

THE STATUS OF CORAL COMMUNITIES IN THREE MARINE NATIONAL PARKS OF VIETNAM

K.S. Tkachenko

Samara State Social and Educational University

The assessment of ecological status of coral communities in three largest marine national parks of Vietnam (Nha Trang Bay, Nui Chua national park and Con Dao Islands) has been conducted in 2013-2017. The highest coral cover and the largest contribution of stress-susceptible corals (Acroporidae+Pocilloporidae) were related to Con Dao Islands while the lowest values of these parameters were attributed to Nha Trang Bay. The outbreak of the main coral predator — the starfish *Acanthaster planci* was observed in both Nha Trang Bay and Nui Chua national parks. The causes of degradation of coral communities in study areas are discussed.

Keywords: marine national parks, coral reefs, ecological status, Vietnam.

Введение

С увеличением численности населения земного шара, глобальным изменением климата и повышением уровня океана [1] тропические коралловые сообщества Мирового океана претерпели значительные, а в некоторых регионах катастрофические изменения. К настоящему времени более четверти коралловых рифов считаются полностью разрушенными, а в ближайшие 30 лет при сохранении нынешней скорости деградации эта величина может удвоиться [2]. В этих условиях исключительно важную роль приобретают морские охраняемые акватории, где возможно обеспечить охрану и воспроизводство кораллов.

Наиболее выражено антропогенное воздействие на акватории морей Юго-Восточной Азии, включая Вьетнам [3]. Из существующих во Вьетнаме морских

природных национальных парков с развитыми коралловыми сообществами тремя крупнейшими являются залив Нячанг (Nha Trang), акватория парка Нуй Чуа (Núi Chúa) в соседней к югу от залива Нячанг провинции Нинь Тхуат (Ninh Thuat) и островной природный парк Кон Дао (Con Dao). Все три района находятся в западной части Южно-Китайского моря. Видовое разнообразие рифообразующих кораллов в заливе Нячанг представлено 250 видами из 60 родов [4], в парке Нуй Чуа — 310 видами из 60 родов [5] и на островах Кон Дао — более чем 200 видами из 58 родов [4]. Эти районы представляют основную часть видового богатства рифообразующих кораллов Вьетнама (в целом 376 видов из 80 родов) [6].

Среди перечисленных выше акваторий особенно сильной деградации в результате антропогенного воздействия подверглись коралловые рифы залива Нячанг. По данным S.T. Vo с соавторами [7], с 1994 по 2007 г. в среднем по заливу покрытие рифообразующих кораллов снизилось на 13,1 % и его ежегодное снижение в среднем сохраняется на уровне 1,25 % [7]. Декларирование большей части залива как морской охраняемой акватории в 2002 г. [8] не внесло значимых изменений в режим использования его природных ресурсов. Как в заливе Нячанг, так и в парке Нуй Чуа серьезную биотическую угрозу для существования кораллов представляет возрастающая в последнее десятилетие численность основного кораллофага — морской звезды «терновый венец» *Acanthaster planci* [5, 7, 9, 10].

Относительно статуса коралловых сообществ архипелага Кон Дао данных очень мало. За исключением сообщений об обесцвечивании кораллов в 1998 и 2005 гг. [11, 12], а также планов по менеджменту национального парка Кон Дао в открытом доступе в Интернете (http://cmsdata.iucn.org/downloads/mpa_mee_final_report_22_sep_final_ta.pdf), другая информация по состоянию рифов на этих островах находится в закрытых отчетах управления парка и не доступна для изучения. В связи с этим оценка текущего состояния и перспектив существования коралловых сообществ в прибрежных водах Вьетнама в условиях возрастающего антропогенного воздействия и глобальных изменений климата является приоритетной задачей.

Цель настоящей работы — оценка и сравнительный анализ экологического состояния коралловых сообществ в трех вышеназванных национальных парках Вьетнама. Работа проводилась в 2013—2017 гг. в рамках российско-вьетнамского проекта «Биоразнообразие и структурно-функциональная организация морских прибрежных экосистем».

Материалы и методы

Залив Нячанг и национальный парк Нуй Чуа, который находится в округе Нинь Хай (Ninh Hai) соседней провинции Нинь Тхуан (Ninh Thuan), являются составными частями береговой линии Центрального Вьетнама — расстояние между ними по прямой линии не превышает 50 км (рис. 1). В залив Нячанг впадают две реки; более крупная из них река Кай выносит достаточно большое количество осадка (80,38 млн т в год [13]), что определяет повышенную седиментацию

и распределение поверхностных вод в заливе в сезон дождей. Береговая линия парка Нуй Чуа не имеет устьев рек, и гидрологический режим в его акватории способствует развитию мощных структурированных коралловых рифов.

Обе акватории подвержены влиянию сезонного вьетнамского апвеллинга, генерируемого в весенне-летний период муссонными юго-западными ветрами вдоль узкого шельфа Центрального Вьетнама [14] и вызывающего понижение температуры воды на 3—5 °С по сравнению с другими частями Южно-Китайского моря. Апвеллинг играет существенную роль в уменьшении негативного влияния температурных аномалий поверхностных вод, приводящих к обесцвечиванию и высокой смертности кораллов, о чем свидетельствуют полученные данные по покрытию, размерно-возрастному составу и видовому богатству рифообразующих кораллов в обоих районах [5, 10].

Острова Кон Дао испытали несколько существенных температурных аномалий, три из которых (в 1998, 2010 и 2016 гг.) вызвали обесцвечивание и смертность кораллов ([11, 12], а также неопубликованные данные управления парка Кон Дао). Кроме того, острова находятся на расстоянии примерно 80 км от устья крупнейшей на полуострове Индокитай реки Меконг, и при прохождении тайфунов опресненные воды могут достичь островов и вызвать стрессовую реакцию кораллов, как это было в 2005 г. [12].

На каждой станции сбор материала проводился с использованием водолазного снаряжения на глубине 2—5 м. Оценку кораллового покрытия осуществляли методом фотоквадратов (площадь квадрата 0,25 м²) вдоль четырех 25-метровых трансект, проложенных случайным образом параллельно береговой линии. Расстояние между трансектами составляло 10—15 м. Вдоль каждой трансекты делали по 20 фотоквадратов с метровым интервалом. Количественный учет покрытия кораллов, макроводорослей и неживого субстрата проводился с помощью программы CPSe [15] по 25 точкам в поле фотоквадрата (750 точек на трансекту). Учет морской звезды *Acanthaster planci* осуществляли визуально вдоль тех же трансект на четырех учетных площадках по 100 м² каждая. В заливе Нячанг было сделано 18 станций, в акваториях парка Нуй Чуа и островов Кон Дао — шесть и девять станций соответственно (см. рис. 1).

Было проведено сравнение между указанными районами общего покрытия склерактиниями и макроводорослями, доли массовых стрессоустойчивых и стрессочувствительных семейств в общем коралловом покрытии, доли коралловых обломков и отношения мертвых к живым склерактиниям как показателя смертности кораллов. К стрессочувствительным семействам были отнесены *Acroporidae* и *Pocilloporidae*, к стрессоустойчивым — *Poritidae* и *Faviidae*. Такое разделение было сделано на основе литературных данных по жизненной стратегии представителей этих семейств и их реакции на основные стрессовые факторы: температурные аномалии, повышенную седиментацию, механическое штормовое воздействие, распределение, увеличение УФ радиации и др. [2, 16]. Для проверки различий между районами по покрытию склерактиний, макроводорослей и вкладам стрессоустойчивых и стрессочувствительных семейств кораллов использовался тест Крускала — Уоллеса.

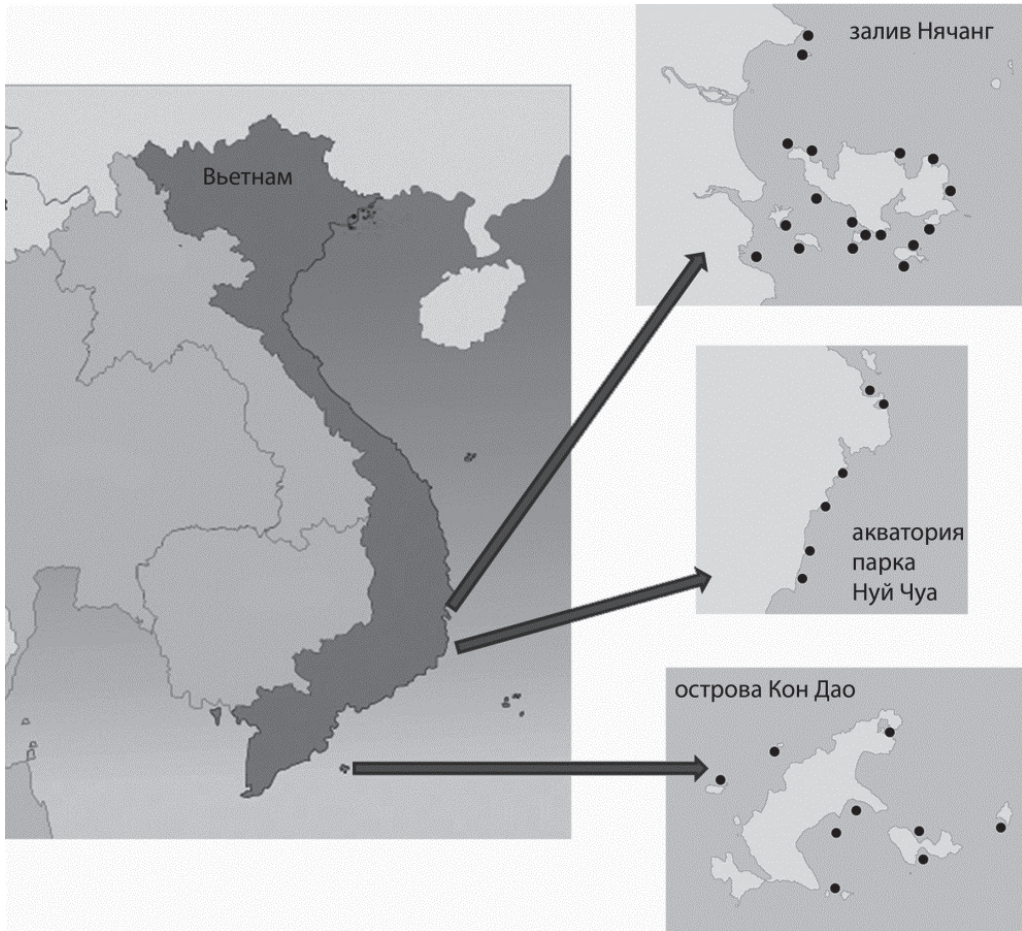


Рис. 1. Расположение трех исследованных морских парков на территории Вьетнама и станций (жирные точки) в акваториях этих парков, на которых проводилась оценка кораллового покрытия.

Результаты

Сравнение данных из трех исследованных районов показало, что наиболее высокие темпы деградации коралловых сообществ сохраняются в заливе Нячанг. Среднее коралловое покрытие там наименьшее, а обилие макроводорослей на деградировавших рифах — наибольшее (рис. 2).

На островах Кон Дао на апрель 2017 г. коралловые сообщества находились в наилучшем состоянии — с наиболее высоким коралловым покрытием и преобладанием стрессочувствительных семейств кораллов (рис. 2, 3). Различия между районами по покрытию склерактиний и макроводорослей, а также вкладу стрессочувствительных семейств кораллов статистически значимы (табл. 1).

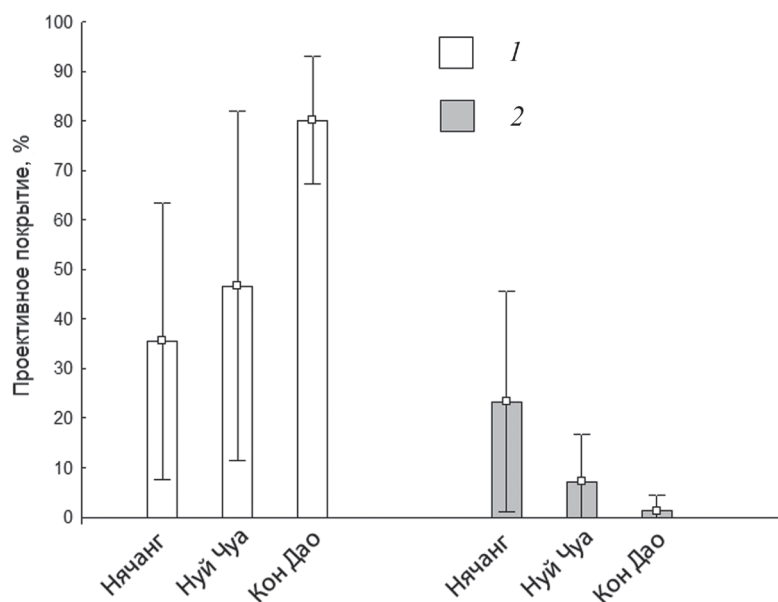


Рис. 2. Среднее покрытие (\pm SD) рифообразующих кораллов (1) и макроводорослей (2) в исследованных акваториях.

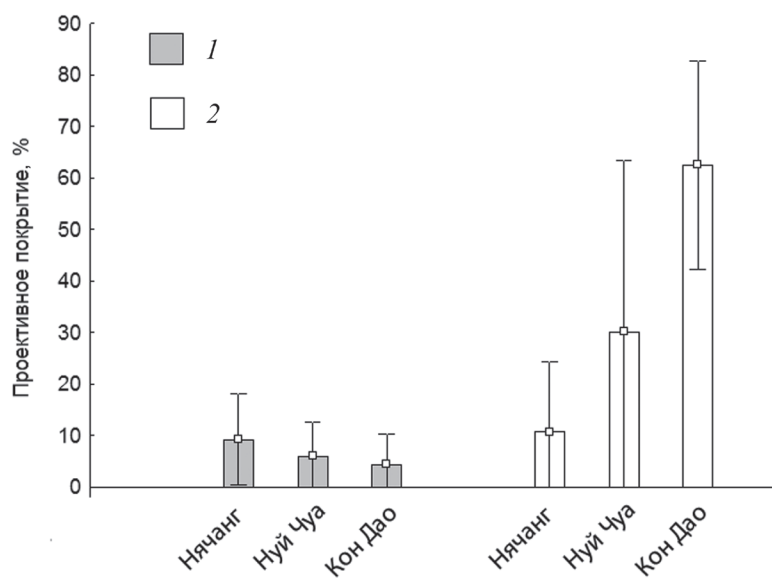


Рис. 3. Соотношение стрессоустойчивых (1) семейств склерактиний (Poritidae + Faviidae) и стрессочувствительных (2) семейств (Agaroridae + Pocilloporidae).

Показано среднее покрытие для сумм двух семейств (\pm SD).

Таблица 1

Значения теста Крускала — Уоллеса ($df = 2, N = 33$) и уровня значимости для сравнения различий между районами по покрытию склерактиний (ППС), макроводорослей (ППВ), вкладам доминирующих стрессочувствительных (СЧС) и стрессоустойчивых (СУС) семейств склерактиний. Различия значимы при $P < 0,05$

	<i>H</i>	<i>P</i>
ПС	11,36	0,003
В	10,71	0,004
СЧС	14,52	<0,001
СУС	3,63	0,162

Залив Нячанг. Доля коралловых обломков как показателя разрушения рифов в заливе Нячанг была наибольшей (рис. 4), однако индекс смертности, представляющий собой соотношение долей мертвых и живых кораллов, был наибольшим в парке Нуй Чуа: 0,26 по сравнению с 0,08 для Кон Дао и 0,05 для Нячанга. Доля стрессоустойчивых видов кораллов в заливе выше, чем доля для этой группы в двух других исследованных акваториях (см. рис. 3).

Отчетливо прослеживается снижение покрытия, видового богатства и сдвиг в составе доминантов в сторону наиболее стрессоустойчивых семейств кораллов по градиенту от мористых рифов в сторону береговой линии г. Нячанг, мест расположения хозяйств марикультуры и районов дноуглубительных работ. От открытой части залива в сторону береговой линии города Нячанг и устьев рек Кай и Бе покрытие рифообразующих кораллов уменьшается от 75 до 0,6 %, доля коралловых обломков увеличивается с 0,3 до 20,3 %, обилие макроводорослей изменяется от 0 до 56 %. Средняя численность основного кораллофага — морской звезды *Acanthaster planci* — в заливе Нячанг составила 5 экз./100 м² с пространственной вариацией от 0 до 44 экз./100 м², в некоторых местах достигая 8 экз./м². На семи станциях из 18 коралловое покрытие на 80—90 % уничтожено акантастером.

Парк Нуй Чуа. В акватории парка Нуй Чуа коралловые сообщества находятся в лучшем состоянии, чем в заливе Нячанг (см. рис. 2, 3); исключение составляет северная часть, где в двух соседних бухтах коралловые сообщества деградированы. В обеих бухтах развиты мощные рифогенные голоценовые каркасы с выраженным риф-флетом, ширина которого превышает 500 м в наибольшем измерении. В самой северной бухте (11°45'32"с.ш., 109°13'12"в.д.) коралловое покрытие не превышало 5 % и основными доминантами были массивные

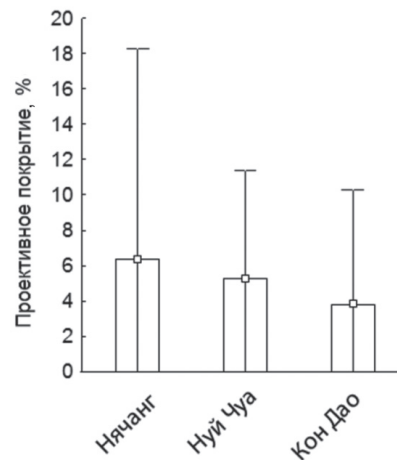


Рис. 4. Средняя доля коралловых обломков ($\pm SD$) в покрытии дна в исследованных акваториях.

кораллы Faviidae, колонии которых встречались единично. Поверхность рифа на 26 % была покрыта макроводорослями, преимущественно рода *Sargassum*. В центральной и южной частях акватории парка, от деревни Винь Хи до деревни Бин Тан, коралловые сообщества находятся в относительно хорошем состоянии, коралловое покрытие варьирует от 41 до 89 %, во всей исследованной акватории преобладают стрессочувствительные акропориды и поциллопориды (см. рис. 3).

В мае — июне 2016 г. в результате глобальной температурной аномалии, связанной с особо сильным явлением Эль-Ниньо [17], обесцвечивание кораллов в результате температурного стресса было отмечено, в том числе, и в акваториях залива Нячанг и парка Нуй Чуа в результате задержки прихода апвеллинга, связанного с ослаблением муссонных ветров. В ходе наших работ было выявлено обесцвечивание кораллов на мелководных сильно прогреваемых риф-флотах глубиной до 1 м, где оно достигало 90 % покрытия кораллов. Температура верхнего метрового слоя воды в течение мая 2016 г., по нашим наблюдениям, находилась в диапазоне 31—32 °С.

Глубже обесцвечивание было видоспецифичным и преимущественно относилось к фолиатным монтипорам (*Montipora aquetuberculata* и *M. foliosa*). В частности, на контрольной площадке размером 200 м² на глубине 4 м из 169 колоний фолиатных монтипор 112 колоний оказались обесцвеченными, т.е. от температурного стресса пострадало 66,2 % общего числа колоний. Однако по данным повторных наблюдений на следующий год (2017), смертность в результате обесцвечивания была низкой и большая часть колоний восстановилась. В акватории парка Нуй Чуа ситуация с численностью морской звезды акантасетра немногим лучше, чем в заливе Нячанг. Средняя численность морской звезды в акватории парка составила 3,2 экз./100 м².

Острова Кон Дао. Коралловые сообщества в акватории островов Кон Дао оказались в несравнимо лучшем состоянии, чем в заливе Нячанг и парке Нуй Чуа, по всем параметрам: общее коралловое покрытие и доля стрессочувствительных кораллов в акватории архипелага значительно выше, а индекс смертности ниже, чем в двух других акваториях (см. рис. 2—4). Несмотря на две недавние температурные аномалии (в 2010 и 2014 гг.), когда в акватории островов Кон Дао, по данным NOAA (https://coral-reefwatch.noaa.gov/vs/time-series/east_asia.php#southern_vietnam), был существенно превышен температурный порог, с которого начинается обесцвечивание кораллов, на 2017 г. состояние коралловых сообществ в акватории островов было фактически идеальным на большинстве станций.

Только на двух мелководных станциях (глубина 2—3 м) в полузакрытых бухтах была достаточно высока доля мертвых кораллов и обломков; это свидетельствовало о том, что эти рифы испытывали тепловой стресс и высокую смертность в 2010 г. Однако большая часть старых мертвых кораллов уже была покрыта 2—3-летними новыми колониями. Кроме того, в этих пострадавших сообществах сохранялось большое число выживших крупных колоний акропорид — источников пополнения молодью. В акватории островов Кон Дао в период исследования (апрель 2017 г.) численность морской звезды *A. planci* угрозы не представляла. На девяти обследованных рифах был найден только один экземпляр «тернового венца».

Обсуждение и выводы

Наиболее сильное антропогенное воздействие, выражающееся в повышенной седиментации и эвтрофикации, испытывают коралловые сообщества залива Нячанг. Увеличение седиментации стало результатом комплексной разработки прибрежных территорий и дноуглубительных работ с 2000 по 2007 г. [13]. При реализации этих проектов в море было сброшено и смыто около 2 млн м³ грунта. Более того, строительство курортных комплексов Dimond Bay Resort и Vinpearl Land Resort с 2001 по 2003 г. с сопутствующей разработкой береговой линии стали губительными для близлежащих коралловых рифов. Строительство курортного комплекса Vinpearl стало причиной исчезновения 50 гектаров кораллового рифа в ближайшей бухте Dam Gia (Bai Tru) к 2004 г. [18]. К 2017 г. территория Vinpearl на острове Че существенно расширилась, возводятся новые отели и дорога. Снятый и незакрепленный грунт разносится ветром и смывается дождями в акваторию залива, вызывая гибель кораллов в результате забивания мелкодисперсными частицами глинистых пород.

Показано, что уменьшение кораллового покрытия от мористой части залива в сторону береговой линии значимо коррелирует с концентрацией взвешенных частиц в воде [10]. По литературным данным [19], пороговой считается концентрация взвешенных частиц [КВЧ] 10 мг/л. При концентрации взвеси выше этого значения она оказывает негативное воздействие на жизнедеятельность кораллов. В сезон дождей в западной приматериковой части залива КВЧ может быть существенно выше 10 мг/л [10], а в годы дноуглубительных работ в районах сброса выработанного грунта КВЧ периодически превышала 100 мг/л [20] — значение, летальное для большинства рифообразующих кораллов.

Другой масштабной причиной деградации коралловых рифов в заливе Нячанг является усиление эвтрофикации, вызывающее гибель кораллов из-за разрастания водорослей, закрывающих своей массой кораллы, а также действия других факторов, таких как увеличение числа патогенных возбудителей различных болезней кораллов, увеличение концентрации организмов-сверлильщиков в рифовом каркасе и различные сбои в стадиях развития кораллов [21]. Выносы удобрений с полей, городские канализационные стоки, промышленно-бытовые сбросы обуславливают концентрацию фосфатов и нитратов у устья крупной реки Кай, достигающую 423 и 184 мг/м³ соответственно [10].

Вместе с тем начиная с 2000-х годов активное развитие в заливе получили плавучие хозяйства марикультуры. Только за период с 2001 по 2004 г. число плавучих садков увеличилось с 1675 до 5096 [22], а для разведения и подкормки лангустов в садках ежегодно используется до 6650 т рыбных комбикормов или «мусорной рыбы» [23]. Раздача корма происходит раз в две-три недели, количество корма на каждый садок составляет около 7 % общей массы объектов марикультуры, содержащейся в садке [24]. Периодически в корм добавляются поливитамины и антибиотики, такие как цефокситин и эритромицин.

Неограниченное рыболовство и рыбоводство, связанное с добычей молоди в природе для подращивания в садках, — третья антропогенная причина деградации коралловых рифов в заливе. Кроме пелагической рыбы, вылавливаются

все группы коралловых рыб независимо от их размеров и пищевой ценности, частично для удовлетворения аквариумного рынка. Таким образом, из экосистемы изымаются и рыбы-фитофаги из семейств Scaridae, Acanthuridae и Siganidae, играющие важную роль в сохранении баланса между обилием макроводорослей и покрытием кораллов [10].

В акватории парка Нуй Чуа деградация коралловых сообществ в северной части парка объясняется двумя причинами. В самой северной исследованной бухте гибель рифа, по-видимому, вызвало строительство шоссейной дороги вдоль береговой линии, снятие грунта и его отвал вниз по склону без мероприятий по рекультивации и закреплению снятой породы. Глинистая порода в сезон дождей смывается непосредственно в бухту, где находится риф. В расположенной дальше к югу соседней бухте также отмечено низкое коралловое покрытие и высокая доля мертвых кораллов. Разработок береговой линии в этой бухте не проводилось, а основной причиной деградации склерактиний стало увеличение численности морской звезды *Acanthaster planci* с середины 2000-х годов [5, 9].

В настоящее время для парков Центрального Вьетнама (залив Нячанг и парк Нуй Чуа) основной биотической угрозой существования коралловых сообществ стала стремительно растущая численность морской звезды-кораллофага *Acanthaster planci*. Скорость уничтожения мягких тканей кораллов одной звездой составляет 161—478 см²/сут, или 5—17 м²/год [25]. Поэтому уже сейчас численность акантастера в исследованных акваториях Центрального Вьетнама можно считать критической.

В акватории островов Кон Дао благодаря удаленности, более эффективному менеджменту парка и пока не развитой туристической инфраструктуре сохраняются здоровые коралловые сообщества, экологический статус которых к настоящему времени можно считать наиболее высоким по сравнению с другими коралловыми рифами Вьетнама.

Результаты работы показали, что из трех морских национальных парков Центрального и Южного Вьетнама наиболее здоровым статусом обладают коралловые сообщества акватории островов Кон Дао. Самая негативная ситуация на 2017 г. отмечена на коралловых рифах залива Нячанг, которые испытывают комплексное антропогенное воздействие и разрушение в результате вспышки численности кораллофага — морской звезды акантастера. Парк Нуй Чуа занимает промежуточное положение по своему статусу между этими двумя акваториями. Здоровый статус коралловых сообществ в акватории островов Кон Дао требует особо внимательного планирования туристической деятельности в этом районе.

Все работы выполнены при поддержке российско-вьетнамского Тропического научно-исследовательского и технологического центра. Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект №18-05-00459.

Список литературы

1. Малинин В.Н. Изменения уровня Мирового океана и климата // Ученые записки РГГМУ. 2015. № 41. С. 110—115.

2. *Tkachenko K.S.* Коралловые рифы перед экологическими угрозами XXI века // Журнал общ. биол. 2015. Т. 76 (5). С. 390—414.
3. *Burke L.* Reef at risk. Revisited. Washington, DC, World Resource Institute, 2011. 112 p.
4. *Latypov Yu.Ya.* Scleractinian corals and reefs of Vietnam as a part of the Pacific reef ecosystem // Open J. Mar. Sci. 2011. V. 11. P. 50—68.
5. *Vo S.T., De Vantier L., Tuyen H.T., Hoang P.K.* Ninh Hai waters (south Vietnam): a hotspot of reef corals in the western South China Sea // Raffle Bull. Zool. 2014. V. 62. P. 513—520.
6. *Latypov Yu.Ya.* The study of species richness in coral communities of Vietnam // Environ. Ecol. Res. 2017. V. 5 (3). P. 204—211.
7. *Vo S.T., Nguyen V.L., Hoang X.B.* Monitoring of coral reefs in coastal waters of Vietnam: 1994—2007. Ho Chi Minh, Agricultural Publishing House, 2008.
8. *Vo S.T., Vantier L., Long N.V.* Coral reefs of the Hon Mun marine protected area, Nha Trang Bay, Vietnam, 2002: species composition, community structure, status and management recommendation / Proc. Sci. Conf. “Bien Dong-2002”, Nha Trang, 2002. P. 650—690.
9. *DeVantier L.* Reef-building corals and coral communities of Nui Chua National Park, Ninh Thuan, Vietnam: Rapid ecological assessment of biodiversity. WWF, IndoChina Program, 2003. 86 p.
10. *Tkachenko K.S., Britayev T.A., Huan N.H., Pereladov M.V., Latypov Y.Y.* Influence of anthropogenic pressure and seasonal upwelling on coral reefs in Nha Trang Bay (Central Vietnam) // Mar. Ecol. 2016. V. 37. P. 1131—1146.
11. *Vo S.T.* The corals at Con Dao Archipelago (South Vietnam): before, during and after bleaching event in 1998 / Proc. 9th Intern. Coral Reef Symp. 2000. V. 2. P. 895—899.
12. *Ben H.X., Vo S.T., Hoang P.K.* Mass mortality of corals and reef living features at Con Dao archipelago (Vietnam) in October 2005 // J. Mar. Sci. Techn. 2008. V. 8. P. 59—70.
13. *Nguyen A.D., Zhao J-x, Feng Y-x.* Impact of recent coastal development and human activities on Nha Trang Bay, Vietnam: evidence from a *Porites lutea* geochemical record // Coral Reefs. 2013. V. 32. P. 181—193.
14. *Kuo N.-J., Zheng Q., Ho C.-R.* Satellite observation of upwelling along the western coast of the South China Sea // Remote Sensing of Environ. 2000. V. 74. P. 463—470.
15. *Kohler K.E., Gill S.M.* Coral Point Count with Excel extension (CPCe): A Visual Basic program for determination of coral and substrate coverage using random point count methodology // Comp. & Geosci. 2006. V. 32. P. 1259—1269.
16. *Darling E.S., Alvarez-Filip L., Oliver T.A., McClanahan T.R., Côté I.M.* Evaluating life-history strategies of reef corals from species traits // Ecol. Lett. 2012. Doi: 10.1111/j.1461-0248.2012.01861.x
17. *Eakin C.M., Liu G., Gomez A.M.* et al. Strong A.E. Global coral bleaching 2014–2017 // Reef Encounters. 2016. V. 31. P. 20—26.
18. *Son T.P.H., Khin L.V., Tien N.M., Bac P.T., Trung P.B.* The status on distribution and biodiversity on coral reef in coastal water of Khanh Hoa province. The final report of provincial project // NTIO VAST: Nha Trang, 2007. 127 p. (in Vietnamese).
19. *Rogers C.S.* Responses of coral reefs and reef organisms to sedimentation // Mar. Ecol. Progr. Ser. 1990. V. 62. P. 185—202.
20. *Nguyen D.M., Hoang T.B.M., Tran C.P., Chau V.T., Nguyen D.T.* Water quality in Hon Mun marine protected area — Nha Trang Bay, Khanh Hoa province // J. Fisher. Sci. Techn. 2007. V. 3. P. 3—10 (in Vietnamese).
21. *Fabricius K.E.* Effects of terrestrial runoff on the ecology of corals and coral reefs: a review and synthesis // Mar. Poll. Bull. 2005. V. 50. P. 125—146.
22. *Dung L.D.* Nha Trang Bay marine protected area, Vietnam: Initial trends in coral structure and some preliminary linkages between these trends and human activities (2002—2005) // Aquatic Ecosys. Health Manag. 2009. V. 12. P. 249—257.
23. *Tung H.* Improving local livelihoods through sustainable aquaculture in Hon Mun marine protected area / Ha Noi, Vietnam, The World Conservation Union (IUCN), 2002.
24. *Tkachenko K.S.* Ecological status of coral communities in the island area of the Nha Trang Bay (Vietnam) // Russian J. Ecol. 2015. V. 46. P. 456—462.
25. *Birkeland C., Lucas J.S.* *Acanthaster planci*: major management problem of coral reefs. Boston: CRC Press, 1990.