

СОВРЕМЕННЫЕ УГРОЗЫ ДЛЯ КОРАЛЛОВЫХ СООБЩЕСТВ ЗАЛИВА НЯЧАНГ (ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ВЬЕТНАМ)

БРИТАЕВ Т.А. ⁽¹⁾, ТКАЧЕНКО К.С. ⁽²⁾, НГУЕН Т.Х. ⁽³⁾

1. ВВЕДЕНИЕ

С ростом человеческой популяции и глобальным изменением климата, которое в большей степени связывают с индустриальной революцией с начала 70-х годов прошлого века, тропические коралловые рифы Мирового океана претерпели значительные, а в некоторых регионах катастрофические изменения, выраженные в частичной или полной деградации коралловых сообществ и истощении всех функциональных групп беспозвоночных и рыб. К настоящему времени, более четверти коралловых рифов считаются полностью разрушенными, а в ближайшие 30 лет при сохранении нынешней скорости деградации эта величина может удвоиться [1]. Разрушение коралловых экосистем для значительной части прибрежного населения планеты означает потерю основного источника пищевых ресурсов, естественной защиты от ураганов и штормов, существенных, если не единственных доходов от использования рифов, в том числе и в туристической индустрии. Наконец, это угроза лишения и жизненного пространства (в случае разрушения заселенных низменных коралловых островов). Глобальные негативные воздействия включают в себя температурные аномалии поверхностных вод и повышение содержания CO₂ в атмосфере, вызывающее окисление Мирового океана. К локальным негативным воздействиям относятся повышение седиментации и эвтрофикации, увеличение частоты и силы циклонов и штормов, болезни кораллов, химические загрязнения, механическое разрушение кораллов человеком, антропогенное истощение функциональных групп рыб и беспозвоночных, способствующих устойчивости и развитию рифообразующих кораллов.

Богатые коралловые сообщества залива Nha Trang впервые были исследованы и описаны в начале 80-х гг. прошлого века [8, 9, 21]. До середины 90-х гг. большинство исследованных донных местообитаний в южной части залива характеризовалась высоким коралловым покрытием (до 100%). Видовое разнообразие рифообразующих кораллов в заливе считается наиболее высоким для всей акватории Вьетнама (250 видов из 60 родов) и является частью “Кораллового Треугольника” - центра происхождения коралловой фауны Индо-Пацифики [10].

В последние три десятилетия коралловые рифы залива Nha Trang испытывают растущее комплексное антропогенное воздействие в результате разработки береговой линии, масштабных строек курортной зоны, дноуглубительных работ в акватории порта и эстуарии реки Ве и соответственного многократного увеличения количества осадка выносимого в воды залива, нерегулируемого рыболовства и добычи промысловых беспозвоночных. С 1994 по 2007 гг. в среднем по заливу покрытие рифообразующих кораллов снизилось на 13,1%, а его ежегодное снижение в среднем сохраняется на уровне 1,25% [23]. Декларирование большей части залива как морской охраняемой акватории в 2002 г. не внесло значимых изменений в режим использования его природных ресурсов [22].

В 2013÷2016 гг. в рамках Российско - Вьетнамского проекта “Сохранение, восстановление и устойчивое использование морских прибрежных экосистем на основе базовых принципов функционирования и структурной организации сообществ” была проведена оценка статуса коралловых сообществ залива и анализ влияющих на него природных и антропогенных факторов [16, 19].

2. МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Материал был собран на 20 гидробиологических станциях в заливе Nha Trang в 2013÷2016 гг. Сбор материала проводился с использованием водолазного снаряжения на глубинах 2÷6 метров на учетных площадках 4×100 м² методом фотоквадратов и последующей оценкой бентосного покрытия в программе CPRC. Учет ключевых беспозвоночных осуществляли визуально по протоколу ReefCheck. Данный метод подробно описан в работах авторов и хорошо зарекомендовал себя в различных районах Индо-Вестпацифики [15, 16, 17, 19].

3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

3.1. Современное состояние коралловых сообществ залива Nha Trang

От открытой части залива (о. Mun, восточная и юго-восточная части о. Tre) в сторону береговой линии города Nha Trang и устьев рек Cai и Ve покрытие рифообразующих кораллов уменьшается от 75 до 0,6%, доля коралловых обломков увеличивается с 0,3 до 20,3%, а обилие макроводорослей соответственно с 0 до 56%. Возрастает свободная площадь субстрата (скальная/известняковая порода и песок) от 0,3 до 67,4%. По тому же градиенту видовое богатство склерактиний снижается в 12 раз, а индекс разнообразия Шеннона соответственно в 5 раз. Таким образом, большая часть коралловых рифов в западной части залива либо деградирует, либо находится в состоянии перманентного коллапса (рис. 1). Что же вызывает такие существенные изменения?

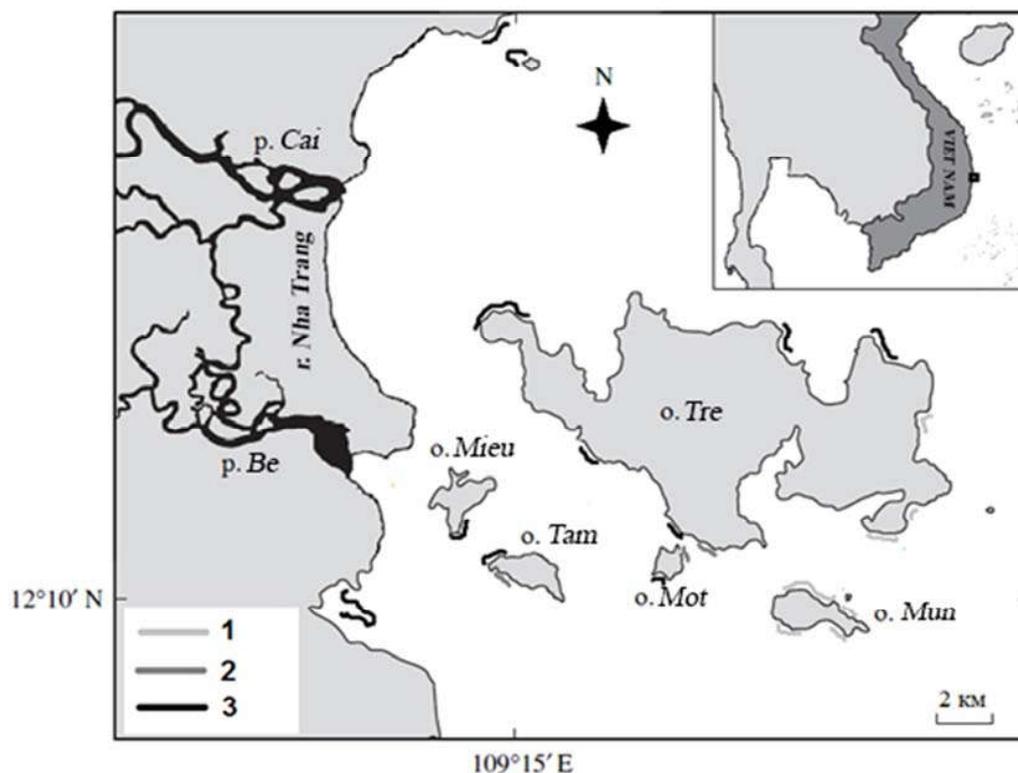


Рис. 1. Статус коралловых сообществ залива Nha Trang

1 - относительно здоровые сообщества с высоким коралловым покрытием (50÷75%) и низким обилием водорослей; 2 - деградирующие коралловые сообщества с покрытием кораллами 20÷40%, большой долей мертвых кораллов и высоким обилием водорослей (до 25%); 3-коралловые сообщества в состоянии коллапса с покрытием 0,2÷5% и высоким обилием водорослей (25÷65%).

3.2. Причины деградации коралловых сообществ залива

3.2.1. Седиментация

В первую очередь, на деградацию коралловых сообществ залива влияет существенное повышение седиментации и эвтрофикации в акватории залива. Оно стало результатом комплексной разработки прибрежных территорий и дноуглубительных работ : 1) расширение порта Nha Trang с ноября 2000 по декабрь 2002; 2) углубление судоходного канала в устье реки Бе весной-летом 2006 и 2007 гг.; 3) сброс выработанного грунта в 4 районах в юго-западной части залива; 4) строительство дороги вдоль береговой линии протяженностью более 60 км с севера на юг от г. Nha Trang с соответственным снятием и отвалом горных пород без последующих мероприятий по их закреплению [12].

Во время 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 с сопутствующей разработкой береговой линии стали губительными для близлежащих коралловых рифов. На мощной голоценовой коралловой плите в бухте Dimond Bay, где еще в 80-х гг. прошлого столетия было цветущее коралловое сообщество, сейчас по данным авторов покрытие живыми кораллами не превышает 6% и большая часть рифа покрыта макроводорослями. Строительство курортного комплекса Vinpearl стало причиной исчезновения 50 Га кораллового рифа в ближайшей бухте Dam Gia (Bai Tru) к 2004 г. [14]. В настоящее время, к 2017 г. территория Vinpearl существенно расширилась, возводятся новые отели и дороги на острове, а снятый и незакрепленный грунт разносится ветром и смывается дождями в акваторию залива (рис. 2), вызывая гибель кораллов в результате забивания мелкодисперсными частицами глинистых пород. По уже утвержденным планам в результате строительства новой навесной дороги между островами Tre и Mun, оставшиеся еще относительно здоровые коралловые сообщества могут погибнуть в результате воздействия летальных для кораллов концентраций взвеси, которая неизбежно будет иметь место в ходе возведения опор и береговой инфраструктуры дороги.



Рис. 2. Модификация природного ландшафта и отвал снятой породы вниз по склону на территории курортного комплекса Vinpearl на о. Tre

По данным авторов снижение кораллового покрытия от мористой части залива в сторону береговой линии значимо коррелирует с концентрацией взвешенных частиц в воде [19]. По литературным данным пороговой считается концентрация взвешенных частиц (КВЧ) 10 мг/л, выше этого значения концентрации взвеси имеют негативное воздействие на жизнедеятельность кораллов [13]. В сезон дождей у материкового побережья в районе г. Nha Trang, а также у западной и северной части о. Тге, у о. Миеу и западной части о. Там КВЧ могут быть существенно выше 10 мг/л [19], а в годы дноуглубительных работ в районах сброса выработанного грунта КВЧ периодически достигала более 100 мг/л [11] - летального значения для большинства рифообразующих кораллов. Эта взвесь приливно-отливными течениями уносилась на ближайшие коралловые рифы, в частности к юго-восточной части о. Миеу.

Анализ динамики кораллового покрытия о. Миеу на основе исследований авторов и данных прошлых лет (рис. 3) показал выраженную деградацию кораллового сообщества и уменьшение кораллового покрытия с 60% в 1981 г. до 5,8% в 2013 г. и фазовый сдвиг от сообщества склерактиний к сообществу макроводорослей [19].

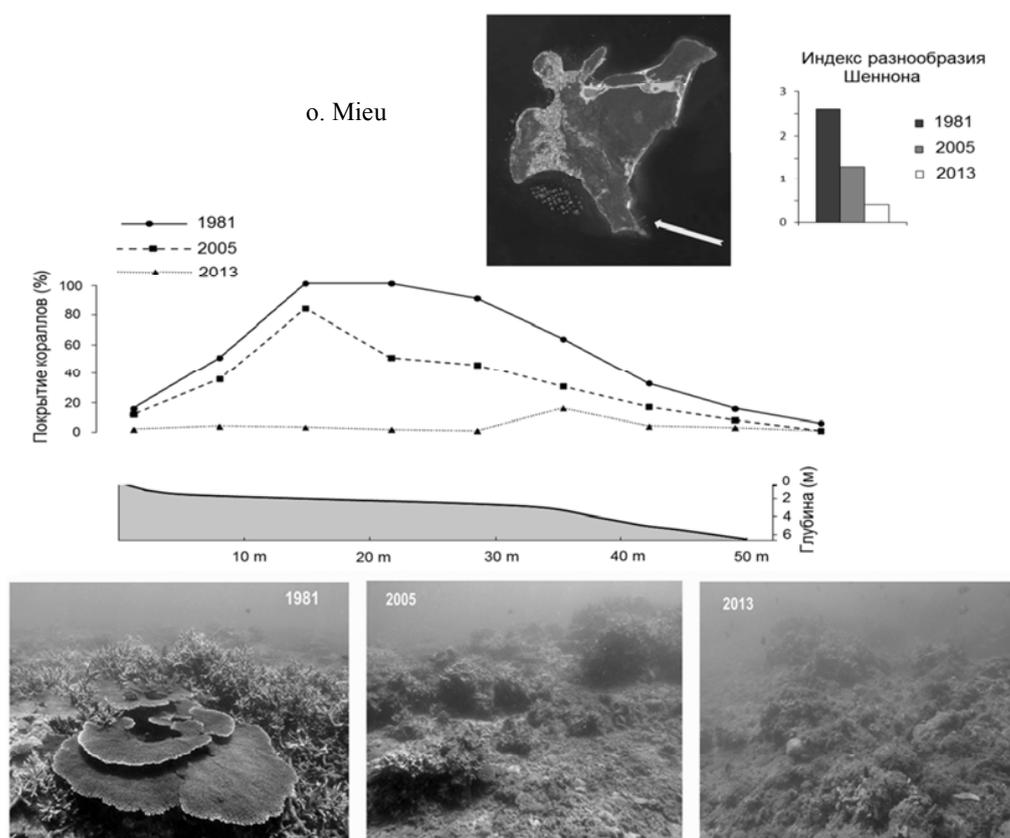


Рис. 3. Деградация кораллового рифа у о. Миеу за 32 года

3.2.2. Эвтрофикация

Другой масштабной причиной деградации коралловых рифов в заливе Nha Trang является усиление эвтрофикации, вызывающее гибель кораллов из-за разрастания водорослей, закрывающей своей массой кораллы, а также действия других факторов, таких как увеличение патогенных возбудителей различных болезней кораллов, увеличение концентрации организмов-сверлильщиков в рифовом каркасе и различных сбоях в стадиях развития кораллов [4]. Выносы удобрений с полей, городских канализационных стоков, промышленно-бытовых сбросов объясняют концентрацию фосфатов у устья более крупной реки Cai до 423 мг/м^3 , а нитратов соответственно до 184 мг/м^3 [19].

Вместе с этим, начиная с 2000 г. активное развитие в заливе получили плавучие хозяйства марикультуры. Только за период с 2001 по 2004 гг. число плавучих садков увеличилось с 1675 до 5096 [3], а для разведения и подкормки лангустов в садках ежегодно используется до 6650 тонн рыбных комбикормов или “мусорной рыбы” [20]. Раздача корма происходит раз в 2-3 недели, количество корма на каждый садок составляет около 7% массы от общей массы объектов марикультуры, содержащейся в садке [16]. Периодически в корм добавляются поливитамины и антибиотики, такие как цефокситин и эритромицин. Бытовые и фекальные сбросы с плотов марикультуры также напрямую попадают в окружающую воду. Все это неизбежно сказывается на показателях качества воды.

Самое крупное скопление плавучих хозяйств находится у деревни Vung Ngan в центральной части южной побережья о. Тге и частично в проливе между островами Тге и Mot. Исходя из последней космосъемки по изображению Google Earth от 19.07.2016 число плотов марикультуры увеличилось от 44 в 2013 году до 66 в июле 2016 года. Каждый плот имеет в среднем 40-50 садков. Образование этого скопления привело к снижению кораллового покрытия в этом районе залива более чем в 3 раза по сравнению с контрольными станциями, расположенными мористее по побережью о. Тге [19]. Более того, деятельность этого конгломерата марикультуры по-видимому, может быть одной из причин деградации относительно здорового еще в 2013 г. кораллового рифа у северо-восточной части о. Mot и зарастания его водорослями в течение последних трех лет (рис. 4).

3.2.3. Рыболовство

Абсолютно неограниченное рыболовство и рыбоводство, связанное с добычей молоди в природе для подращивания в садках - третья антропогенная причина деградации коралловых рифов в заливе. Только за 3 года после декларирования морской охраняемой акватории на большей части залива, число рыболовных ботов увеличилось с 380 в 2002 г. до 527 в 2005 г., а число садков марикультуры увеличилось с 1675 до 5096 [3]. 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, в том числе, и рыбы-фитофаги из семейств Scaridae, Acanthuridae и Siganidae, играющие важную роль в сохранении баланса между обилием макроводорослей и покрытием кораллов.

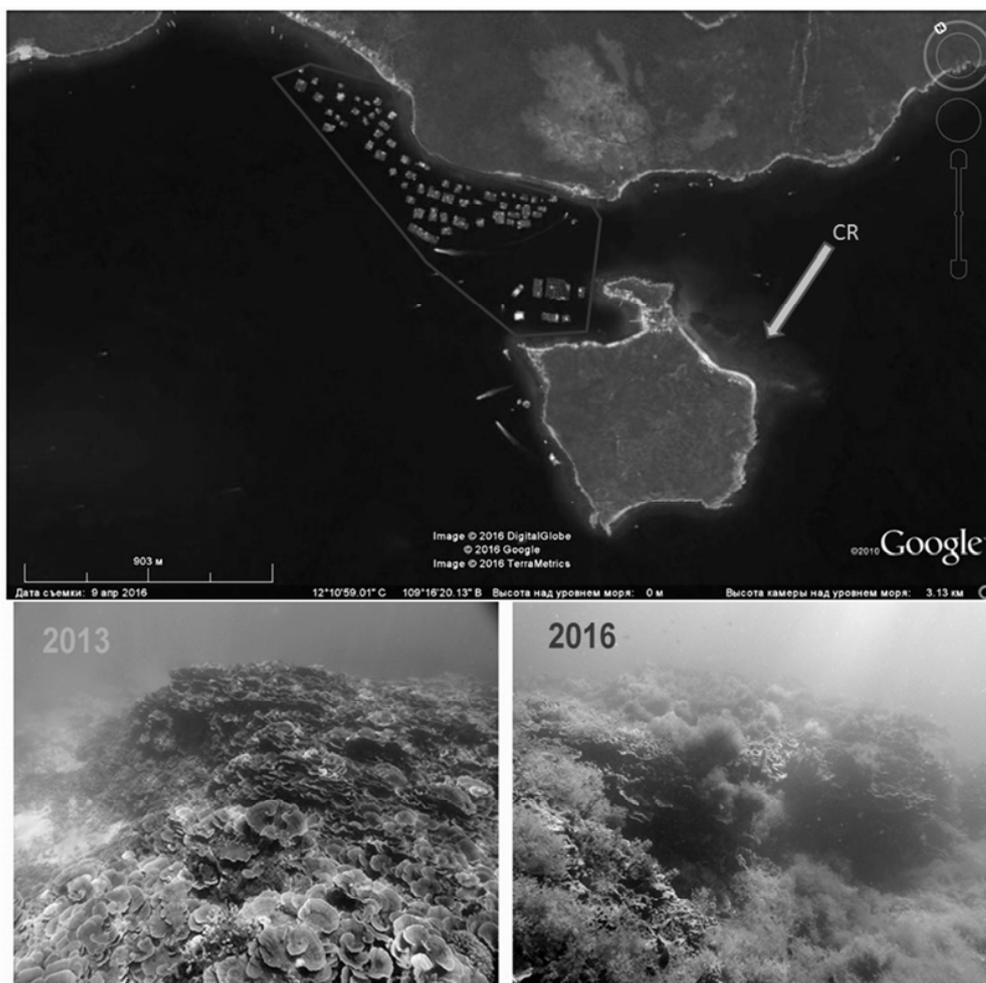


Рис. 4. Влияние марикультуры на зарастание кораллового рифа водорослями.
CR - коралловый риф.

По данным авторов относительно высокая численность этих трех семейств к 2014 г. сохранялась только на двух самых удаленных мористых станциях у о. Мун и юго-восточной части о. Тге, на большинстве остальных станций, эти семейства были представлены либо единично, либо полностью отсутствовали [18]. До сих пор в акватории залива некоторыми рыбаками используются деструктивные способы собирательства аквариумных рыб с применением цианидов (рис. 5). Очень разрушительными для коралловых колоний являются якоря, а учитывая огромное количество рыбацких ботов и ферм марикультуры, а также частоту постановок на якорь каждый день/месяц/год - число разбитых и погибших впоследствии колоний кораллов весьма существенно.

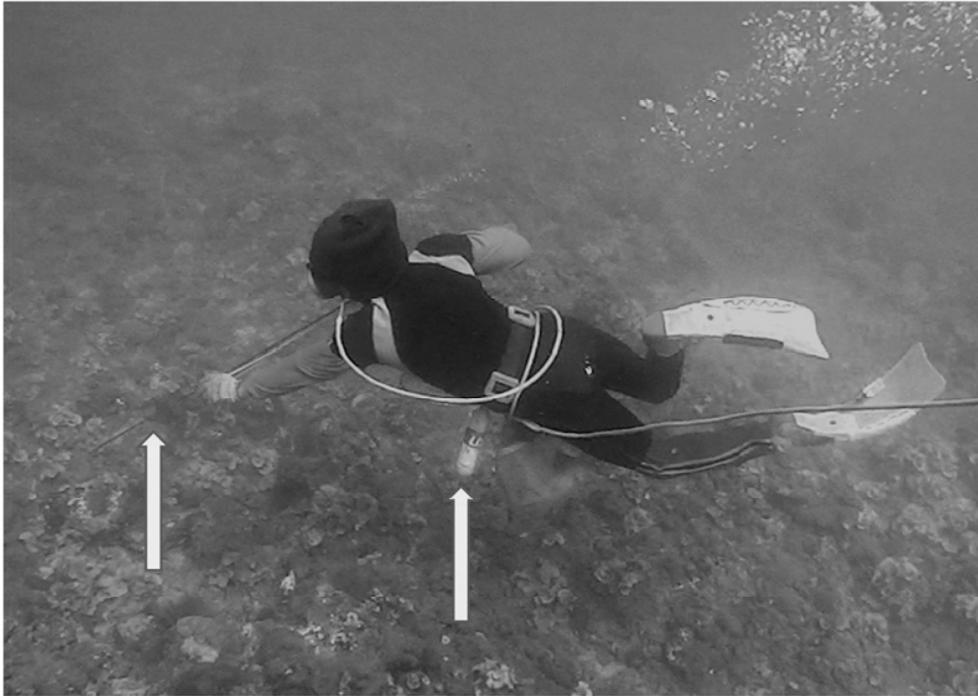


Рис. 5. Сборщик коралловых рыб в шланговом водолажном снаряжении (браконьер). Фото сделано в мае 2015 г. у северо-восточного побережья о. Тре. Стрелками показана бутылка с цианидом и острога. Рядом с бутылкой на поясе сборщика видна сетка с банками для складывания мелкой притравленной рыбы

Несмотря на то, что план морской охраняемой акватории (МРА - marine protected area) “Hon Mun MPA” предполагает полностью заповедную зону вокруг о. Mun, в действительности даже там развернуты огромные ставные сети длиной ~400 м у южной части острова, которые хорошо видны любому желающему на спутниковых снимках в программе Google Earth [22]. Такое отношение ставит “Hon Mun MPA” в число множества других декларативных “бумажных парков”. Муниципальным властям г. Nha Trang было бы логичнее отказаться от декларации большей части залива как “охраняемой акватории”, так как фактически залив находится под влиянием многих антропогенных стрессовых факторов, включая рыболовство, мореходство, увеличение числа садковых хозяйств марикультуры и расширение туристических зон. Более эффективной мерой было бы ограничение площади морского резервата только акваторией о. Mun и юго-восточной частью о. Тре, где отмечено наибольшее покрытие и разнообразие кораллов и есть высокий потенциал для богатого рыбного сообщества. Необходимо предпринять меры по полному запрету рыболовства в этой акватории и ввести жесткие штрафные санкции за его нарушение. Такие мероприятия будут иметь благоприятный эффект на восстановление рыбных запасов в заливе. Даже очень небольшие морские резерваты (1÷5 км²) могут способствовать увеличению разнообразия, обилия и биомассы седентарных видов рыб в пограничных с резерватом районах [6, 18].

3.2.4. Морская звезда *Acanthaster planci*

Кроме выраженного антропогенного воздействия, на коралловые сообщества залива Nha Trang в последние годы существенное негативное влияние имеет вспышка численности основного биологического деструктора кораллов - хищной морской звезды “терновый венец” (*Acanthaster planci*). Эта звезда является активным кораллофагом и питается коралловыми полипами многих рифообразующих кораллов (рис. 6).

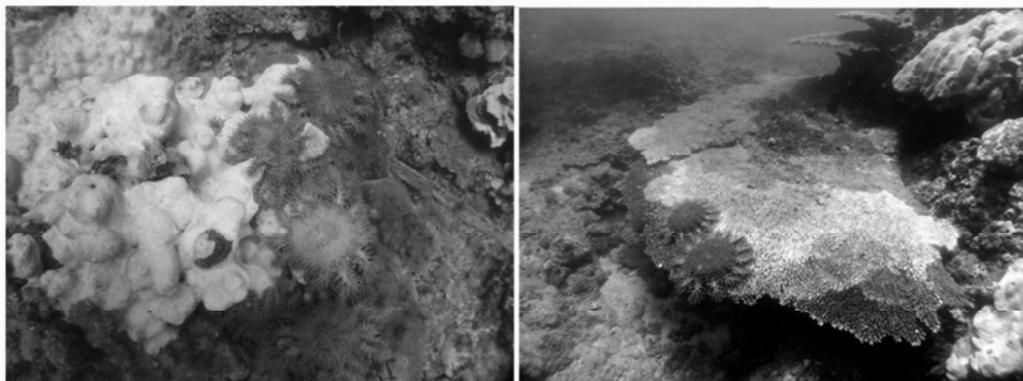


Рис. 6. Уничтожение “терновым венцом” рифообразующих кораллов в заливе Nha Trang

По данным авторов на 2017 г. численность этой звезды в среднем по заливу достигла 4,9 экз./100 м², особенно высокая численность этой звезды отмечена в 2015 г. у северного побережья о. Tre (12÷44 экз./100 м²), в 2017 г. у южного берега о. Mot (19,3 экз./100 м²), где звезда полностью уничтожила коралловое сообщество, ранее состоявшее из многослойных скоплений кораллов-фунгиид, а также вдоль материкового побережья залива Nha Trang от бухты Dimond Bay до мыса Ca, разделяющего заливы Nha Trang и Nha Phu, где численность акантастера варьирует в пределах 6÷8 экз./100 м².

Такое обилие звезд укладывается в диапазон 100÷1000 экз./га, который считается критическим и может определять до 95% потери кораллового покрытия, учитывая, что скорость уничтожения мягких тканей кораллов одной звездой составляет 161÷478 см²/день, или 5÷17 м²/год [2]. Согласно протоколу ReefCheck численность > 0.1 экз./100 м² считается “активной вспышкой численности” [7]. Сравнительный анализ с предыдущими оценками [22, 23] позволил выявить постепенное увеличение численности акантастера в заливе Nha Trang с 0 в 1998 г. к 0,8 экз./100 м² к 2007 г. и к 4,9 экз./100 м² к 2015 г, т. е. численность “тернового венца” с начала 2000-х увеличилась в 5 раз. Одна из наиболее весомых причин резкого размножения акантастеров является усиление эвтрофикации, которое влияет на увеличение концентрации фитопланктона - основной пищи личинок звезды [5].

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время сохраняется негативная тенденция по экологическому статусу коралловых сообществ в заливе. Особенно это актуально для его западной части, более подверженной воздействию повышенной седиментации и эвтрофикации от впадающих в залив рек, строительства курортных комплексов и развития плавучих хозяйств марикультуры. Кроме прямого негативного антропогенного воздействия, существенно возросла угроза биологической деструкции коралловых сообществ залива в результате вспышки численности хищной морской звезды акантастера - основного природного врага рифообразующих кораллов. При сохранении нынешних масштабов эксплуатации рифов и темпов разработки островной береговой линии, а также без срочных мер по искусственному регулированию численности морской звезды акантастера, большая часть из оставшихся и еще относительно здоровых коралловых сообществ в восточной части залива Nha Trang могут деградировать в ближайшие 10 лет.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ткаченко К.С., *Коралловые рифы перед экологическими угрозами XXI века*, Журнал общей биологии, 2015, **76**(5):390-414.
2. Birkeland C., Lucas J.S., *Acanthaster planci: major management problem of coral reefs*, CRC Press: Boston, 1990.
3. 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 Ecosystem & Health Management, 2009, **12**:249-257.
4. Fabricius K.E., *Effects of terrestrial runoff on the ecology of corals and coral reefs: a review and synthesis*, Marine Pollution Bulletin, 2005, **50**:125-146.
5. Fabricius, K.E., Okaji, K., De'ath, G., *Three lines of evidence to link outbreaks of the crown-of-thorns seastar Acanthaster planci to the release of larval food limitation*, Coral reefs, 2010, **29**:593-605.
6. Halpern B.S., *The impact of marine reserves: do reserves work and does reserve size matter?* Ecological Applications, 2003, **13**:S117-S137.
7. Hodgson G., Liebeler J., *The global coral reef crisis: trends and solutions*, Reef Check Foundation: LA, 2002.

8. Latypov Y.Y., *Composition and distribution of scleractinians on reefs of PhuKhanh Province (South Vietnam)*, Biologia Morya, 1982, **6**:5-12.
9. Latypov Y.Y., *Coral reefs of Vietnam*. Nauka: Moscow, 2007. (In Russian).
10. Latypov Yu. Ya, *Scleractinian corals and reefs of Vietnam as a part of the Pacific reef ecosystem*, Open Journal of Marine Science, 2011, **11**:50-68
11. 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*. Journal of Fisheries Science and Technology, 2007, **3**:3-10 (in Vietnamese).
12. 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, **32**:181-193.
13. Rogers C.S., *Responses of coral reefs and reef organisms to sedimentation*, Marine Ecology Progress Series, 1990, **62**:185-202.
14. 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).
15. Tkachenko K.S., *The northernmost coral frontier of the Maldives: The coral reefs of the Ihavandippolu Atoll under long-term environmental change*, Marine Environmental Research, 2012, **821**:40-48.
16. Tkachenko K.S., *Ecological status of coral communities in the island area of the Nha Trang Bay (Vietnam)*. Russian Journal of Ecology, 2015, **46**:456-462.
17. Tkachenko K.S., Soong, K., *Dongsha Atoll: a potential thermal refuge for reef-building corals in the South China Sea*, Marine Environmental Research, 2017, **127**:112-125.
18. 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)*. Marine Ecology, 2016, **37**:1131-1146.
19. Tung H., *Improving local livelihoods through sustainable aquaculture in Hon Mun marine protected area*. The World Conservation Union (IUCN), Ha Noi, Vietnam, 2002.
20. Vo S.T., Hodgson G., *Coral reefs of Vietnam: recruitment limitation and physical forcing*, Proceedings 8th Intern. Coral Reef Symp, 1997, **1**:477-482.

21. Vo S.T., Vantier L., Long N.V., *Coral reefs of the Hon Mun marine protected area, NhaTrang Bay, Vietnam, 2002: species composition, community structure, status and management recommendation*, Proceedings Science Conf. “Bien Dong-2002”, Nha Trang, 2002, p.650-690.
22. Vo S.T., Nguyen V.L., Hoang X.B., *Monitoring of coral reefs in coastal waters of Viet Nam: 1994-2007.*, Agricultural Publishing House, Ho Chi Minh, 2008.

TÓM TẮT

CÁC MỐI ĐE DỌA HIỆN TẠI ĐỐI VỚI QUẦN XÃ SAN HỒ VỊNH NHA TRANG (MIỀN TRUNG VIỆT NAM)

Sự phong phú của quần xã san hô vịnh Nha Trang được nghiên cứu và mô tả lần đầu vào những năm 80 của thế kỷ trước. Cho đến giữa những năm 90, ở khu vực phía Nam vịnh có độ phủ san hô rất cao (đến 100%). Tính đa dạng của các loài san hô tạo rạn trong vịnh Nha Trang được xem là cao nhất đối với toàn bộ vùng nước của Việt Nam (250 loài thuộc 60 giống). Trong 3 thập kỷ qua, các rạn san hô vịnh Nha Trang phải chịu những tác động ngày càng tăng của con người do việc phát triển các tuyến đường ven biển, xây dựng các khu nghỉ dưỡng quy mô lớn, hoạt động nạo vét trong khu vực cảng và vùng cửa sông Bé làm tăng lượng bùn lắng trong vịnh, đánh bắt quá mức các loài cá và động vật không xương sống có giá trị kinh tế. Từ năm 1994 đến năm 2007, độ phủ của san hô tạo rạn trong vịnh suy giảm trung bình 13,1% và hàng năm mức giảm trung bình ở mức 1,25%. Việc công bố phần lớn vùng vịnh là một khu bảo tồn biển vào năm 2002 không làm thay đổi được nhiều tình trạng sử dụng các nguồn tài nguyên thiên nhiên trong vịnh.

Từ năm 2013 đến năm 2016, trong khuôn khổ đề tài khoa học “Nghiên cứu tổ chức cấu trúc - chức năng các quần xã sinh vật phục vụ bảo tồn, phục hồi và sử dụng bền vững các hệ sinh thái biển ven bờ” của Trung tâm Nhiệt đới Việt - Nga, đã tiến hành đánh giá trạng thái và phân tích ảnh hưởng của các yếu tố tự nhiên và nhân sinh đến các quần xã san hô vịnh Nha Trang. Kết quả nghiên cứu cho thấy, từ khu vực phía ngoài vịnh (đảo Hòn Mun, phía Đông và Đông Nam đảo Hòn Tre) về phía bờ biển thành phố Nha Trang và khu vực cửa sông Cái, sông Bé, độ phủ san hô tạo rạn giảm từ 75 đến 0,6%, tỷ lệ san hô bị phá hủy tăng từ 0,3 đến 20,3% và tương ứng với diện tích che phủ của rong biển tăng từ 0 đến 56%. Diện tích nền đáy (đá và cát) tăng tự nhiên từ 0,3 đến 67,4%. Theo đó, mức độ phong phú các loài san hô tạo rạn suy giảm 12 lần và chỉ số đa dạng sinh học Shannon cũng giảm 5 lần. Phần lớn các rạn san hô ở phía Tây của vịnh bị suy thoái hoàn toàn.

Những nguyên nhân chính dẫn đến suy thoái các quần xã san hô vịnh Nha Trang là do ảnh hưởng của sự gia tăng quá trình lắng đọng trầm tích và phú dưỡng, xây dựng các tổ hợp nghỉ dưỡng và phát triển nghề nuôi trồng thủy sản trên mặt nước. Bên cạnh các tác động tiêu cực trực tiếp của con người, một nguyên nhân quan trọng làm tăng nguy cơ suy thoái sinh học quần xã san hô trong vịnh là sự bùng phát về số lượng loài sao biển ăn thịt *Acanthaster planci* - kẻ thù tự nhiên chính của san hô tạo rạn. Nếu duy trì mức khai thác các rạn và tốc độ xây dựng ở bờ đảo như hiện nay, cùng với việc nếu không có những hành động kịp thời của con người nhằm hạn chế số lượng sao biển ăn thịt thì phần lớn các quần xã san hô khỏe mạnh còn lại ở phía Đông của vịnh Nha Trang có thể bị suy thoái trong vòng 10 năm tới.

Từ khóa: Vịnh Nha Trang, suy thoái rạn san hô, NhaTrang Bay, coral reef decline.

Nhận bài ngày 12 tháng 9 năm 2017

Hoàn thiện ngày 05 tháng 11 năm 2017

(¹) Viện Các vấn đề Sinh thái và tiến hóa

(²) Đại học sư phạm quốc gia Samara

(³) Trung tâm Nhiệt đới Việt - Nga