*А.М. Лебедев¹, Е.Г. Егидарев¹,
А.А. Пьянов¹, В.В. Жариков¹, И.Г. Югай²*

*¹Тихоокеанский институт географии ДВО РАН,
г. Владивосток*

*²Тихоокеанский океанологический институт ДВО РАН,
г. Владивосток
zhar@tigdvo.ru*

ИССЛЕДОВАНИЕ ДОННЫХ ЛАНДШАФТОВ АРХИПЕЛАГА КАТБА (ТОНКИНСКИЙ ЗАЛИВ, ЮЖНО-КИТАЙСКОЕ МОРЕ)

Аннотация. Исследования подводных ландшафтов архипелага Катба проводились совместными усилиями российских и вьетнамских исследователей в рамках Программы приоритетных научных исследований в интересах комплексного развития ДВО РАН (проект ВАНТ 19-019). Материалом для данного исследования послужили наблюдения, измерения и сборы, выполненные на акватории архипелага Катба в сентябре-октябре 2019 г.

Проведение наблюдений осуществлялось с использованием легководолазного снаряжения. Разрезы прокладывались перпендикулярно берегу таким образом, чтобы они пересекали все прибрежные ландшафтные пояса. Длина разрезов находилась в диапазоне 50-100 м. Каждый профиль сопровождался видеозаписью камеры IMAX CAM W8. Обследование дна на станциях проводилось при помощи кабельной видеокамеры BestWill-7A. Всего было выполнено 85 точечных станций в диапазоне глубин от 0 до 27 м и 26 водолазных разрезов общей длиной около 2000 м.

В качестве модельного участка была выбрана мелководная бухта с изрезанной береговой линией. По результатам промеров получена батиметрическая карта этого района. В прибрежной зоне на горизонте 0,5–2,5 м располагается пологая платформа средней шириной около 50 м, которая обрывается небольшим, относительно крутым свалом до глубины 4,5–6 м. У нижнего основания свала его склон выполаживается и поверхность дна плавно опускается.

На основании комплексного анализа полевых материалов на подводных береговых склонах выделены: 1) пояс коренных пород в верхней части подводного склона, 2) пояс не сортированных грубых осадков, 3) коралловый опоясы-

вающий риф и 4) илистая аккумулятивная равнина центральной части бухты. Составлена карта-схема донных ландшафтов модельной бухты.

Полученные результаты будут использованы при анализе динамики использования дельты реки Красная с определением эколого-хозяйственного баланса территории; для оценки степени антропогенной трансформации и устойчивости ландшафтов. На основе полученных данных разрабатывается классификация ландшафтов исследуемого района, планируется проведение статистического анализа и изучение показателей ландшафтного разнообразия в зависимости от характера ландшафтообразующих процессов.

Ключевые слова: подводные ландшафты, картографирование, прибрежный склон, структура прибрежных комплексов, коралловые рифы.

A.M. Lebedev¹, E.G. Egidarev¹,

A.A. Pianov¹, V.V. Zharikov¹, I.G. Yugay²

¹Pacific Institute of Geography FEB RAS, Vladivostok

²Pacific Oceanological Institute FEB RAS, Vladivostok

zhar@tigdvo.ru

RESEARCH OF BOTTOM LANDSCAPES OF THE KATBA ARCHIPELAGUS (TONKINSKY BAY, SOUTH CHINA SEA).

Abstract. Studies of the underwater landscapes of the Katba archipelago were carried out by joint efforts of Russian and Vietnamese researchers. The material for this study was observations, measurements, and collections made in the waters of the Kathba archipelago in September-October 2019.

Observations were carried out using SCUBA equipment. The sections were laid perpendicular to the shore so that they crossed all coastal landscape zones. The length of the cuts was in the range of 50-100 m. Each profile was accompanied by video recording using the IMAX CAM W8 camera. Inspection of the bottom at the stations was carried out using a cable camera. A total of 85 point stations were made in the depth range from 0 to 27 m and 26 diving sections with a total length of about 2000 m.

A shallow bay with a rugged coastline was chosen as a model site. Based on the results of measurements, a bathymetric map of this area was obtained. In the coastal zone, on a horizon of 0.5–2.5 m, there is a gently sloping platform with an average width of about 50 m, which ends with a small, relatively steep dump to a depth of 4.5–6 m. At the lower base of the dump, its slope is flattened and the bottom surface smoothly descends .

Based on a comprehensive analysis of field materials on the underwater coastal slopes, 1) a bed of bedrock in the upper part of the underwater slope, 2) a belt of unsorted coarse sediments, 3) a coral girdle reef, and 4) a muddy accumulative plain of the central part of the bay. A schematic map of the bottom landscapes of the model bay was compiled.

The results will be used to analyze the dynamics of the use of the Krasnaya River Delta with the determination of the ecological and economic balance of the territory; to assess the degree of anthropogenic transformation and stability of landscapes. Based on the data obtained, a classification of the landscapes of the region under study is being developed, statistical analysis and the study of indicators of landscape diversity depending on the nature of landscape-forming processes are planned.

Keywords: underwater landscapes, mapping, coastal slope, structure of coastal complexes, coral reefs

Введение

Основной целью проведенных исследований было создание новых представлений о структуре природных комплексов в прибрежной зоне моря в условиях интенсивной антропогенной нагрузки. Для этого было необходимо провести анализ применимости в условиях северного Вьетнама методов ландшафтных подводных исследований, разработанных и применяемых в ТИГ ДВО РАН для изучения мелководного шельфа Российского Дальнего Востока. Работы проводились совместными усилиями российских и вьетнамских исследователей в рамках проекта «Исследование осадочных и газогеохимических процессов, прибрежные риски и геоэкологический анализ дельты реки Красная (Вьетнам) для планирования стратегии устойчивого прибрежно-морского природопользования в условиях изменяющегося климата» Программы приоритетных научных исследований в интересах комплексного развития ДВО РАН (ВАНТ 19-019). Вклад российской стороны состоял из теоретической базы постановки исследований, разработки технологии их проведения.

Тонкинский залив Южно-Китайского моря (рис. 1, а) относительно мелководен, что обуславливает быстрый прогрев воды до 29-32°C летом и охлаждение до 16°C зимой (Гурьянова, 1972). Дно зали-

ва большей частью ровное, донные осадки представлены песчано-алевритовыми разностями. В целом осадки можно отнести к терригенным с примесью биогенного материала.

Обильный материковый сток – особенность гидрологии Тонкин-ского залива. За сутки на дне осаждается от 16 до 100 г/м² осадка. Во время тайфунов эти показатели вырастают на порядок (Thanh, 1984, Даутова и др. 1999, Латыпов, 2000). Речные воды опресняют западную и северо-западную части залива до 26-31 ‰ и формируют постоянное сточное течение с соленостью 21-22 ‰ на юг у западного берега (Гурьянова, 1972).

В результате многовековой эрозии острова, бухты и проливы формируют чрезвычайно разнообразные биотические ситуации. Берега отличаются крутыми склонами и обилием карбонатных отложений щебнисто-глыбового материала. Подводный рельеф представлен слабо-наклонными платформами и останцами, срезанными абразией. Морфологические профили рифов, формирующихся в этом районе, определяются геоморфологией подводного склона и в меньшей степени рифогенными отложениями. В заливе развиты как структурные, так и бесструктурные рифы (Латыпов, 1992, Латыпов, 1995). Крупнейшим островом архипелага Кат Ба (рис 1, б) является одноименный остров, на котором расположен национальный парк. Находясь в густонаселенном районе, подводные ландшафты подвергаются сильному комплексному антропогенному прессу – промысловому, марикультурному и туристическому.

Материал и методика

Материалы для данного исследования собраны на акватории архипелага Катба в период 26.09 – 1.10. 2019 года сотрудниками ТИГ ДВО РАН и ТОИ ДВО РАН и Института окружающей среды и ресурсов, Хайфон.

Основные работы велись с борта небольшого арендованного судна. Эхолотные промеры велись в режиме непрерывной записи. Обследование дна на станциях проводилось при помощи подводной кабельной видеокамеры BestWill-7A. Проведение подводных ландшафтных наблюдений осуществлялось с использованием легководо-

лазного снаряжения. Разрезы прокладывались перпендикулярно береговой линии таким образом, чтобы они пересекали все прибрежные ландшафтные пояса. Длина водолазных разрезов находилась в диапазоне от 50 до 100 м. Там, где глубина и прозрачность воды позволяли, ландшафтные профили выполнялись в комплекте № 1 (маска, трубка, ласты).

Глубина и направление во время движения исследователя вдоль разреза контролировались компасом, установленным на планшете, и глубиномером. Каждый подводный профиль сопровождался видеозаписью при помощи камеры IMAX CAM W8.

Всего было выполнено 85 точечных станций обследования дна при помощи кабельной видеокамеры и 26 водолазных разрезов общей длиной около 2000 м.

В качестве модельного участка была выбрана мелководная бухта с типичными для района исследований ландшафтными характеристиками.

Ландшафтная структура модельного участка. Основой донной ландшафтной карты является батиметрическая карта акватории, полученная в результате обработки эхолотных промеров (рис. 1, в). На большей части бухты глубины не превышают 6 м. В прибрежной зоне на горизонте 0,5–2,5 м располагается пологая платформа шириной около 50 м, заканчивающаяся небольшим свалом на глубине 4,5–6 м. Униженного основания свала уклон уменьшается и поверхность дна плавно опускается к центральной оси бухты.

Карта-схема донных ландшафтов, составленная на основании комплексного анализа батиметрии, фото и видео изображений и ландшафтных описаний точек и профилей представлена на рисунке 1 (г).

На акватории модельной бухты нами были выделены 4 ландшафтных пояса:

1) *Пояс коренных пород в верхней части подводного склона* – продолжение почти вертикальных надводных береговых скал. Как правило, пояс начинаются волноприбойной нишей глубиной 0,5–1 м и высотой около 1–1,5 м (рис. 2, а). В некоторых случаях, особенно у небольших островков, глубина ниши может достигать нескольких метров. Опускаясь на глубину 0,5–0,7 м скальная поверхность резко

перегибается и становится полого-наклонной (рис. 2, б). Иногда на ней встречаются глыбы диаметром до 2–4 метров. Через 5–7 м с морской стороны поверхность перекрывается несортированным материалом. Нижняя граница зоны отчетливая, лишь в редких случаях, по ее краю встречаются невысокие, пологие выходы известняка, площадью до нескольких квадратных метров. В отдельных случаях нижняя граница фациального перехода имеет вид невысокой ступени (рис. 2, а). Поверхность без глубоких трещин и резких перепадов глубин, хорошо окатана. На эродированных участках встречаются впадины глубиной до 1,5 м и длиной 2–3 м.

Рис. 1. Расположение района работ в Тонкинском заливе (а);
ключевой участок исследований в архипелаге Кат Ба (б);
батиметрическая карта ключевого участка (в);
карта-схема распределения ландшафтов (г)

Это единственный из выделенных нами в бухте поясов, где отмечены плотные поселения водорослей макрофитов. Самый верхний литоральный ярус занимает плотное ленточное поселение мелких устриц *Saccostrea* sp. (рис. 2, г), среди которых селится большое количество мелких балянусов. Поверхность раковин устриц часто служит субстратом для корковых багрянок – *Lithothamnion* sp. В ряде случаев, там, где непрерывный пояс устричного поселения прерывается, багрянки самостоятельно колонизируют скальную поверхность. Кроме литотамниума в границах этого ландшафта отмечены лишь единичные небольшие нерасчлененные талломы *Chlorophita*. Среди устриц, поднимаясь над водой до верхней границы их поселения, встречаются многочисленные мелкие крабы.

Ниже верхней границы сублиторали на скальной поверхности отмечены многочисленные двустворчатые моллюски-сверлильщики: поверхность известняками местами плотно покрыта характерными продолговатыми перфорациями – выходами двойных сифонов моллюсков (рис. 2, в). На скальной поверхности в большом количестве селятся двуствороки *Chama* sp., *Septifer* sp. и представители рода *Pinctada*. Из других раковинных моллюсков многочисленны мелкие *Gastropoda*, самые крупные из них – *Trochus* sp.

Морские ежи немногочисленны – встречаются лишь единичные *Echinotrixdiadema*. Обычны небольшие колонии разноцветных корковых и ветвистых губок. Очень редки в этом поясе кораллы склерактинии, лишь на одном разрезе встречены несколько небольших колоний *Porites* sp. прикрепленные к скале на нижней границе пояса.

2) *Пояс не сортированных грубых осадков.* С мористой стороны к прибрежному поясу коренных пород прилегает слабонаклонная платформа, сформированная грубо сортированными осадками, опоясывающая побережье бухты практически непрерывной полосой в диапазоне глубин от 0,7 до 2 м. Ширина ее в местах расположения водолазных разрезов составляла от 15 до 30 м. Состав грунта представляет собой смесь крупнозернистого песка, гравия, гальки, раковинного детрита, разно-размерных обломков кораллов, целых раковин двустворчатых моллюсков (рис. 2, г). Отсутствие заиления ука-

зывает на активную волновую гидродинамику и постоянный вынос детрита из этой зоны. Поверхность дна, особенно на мелководье, сильно биотурбирована и несет многочисленные следы жизнедеятельности инфауны: холмики, конусы, кратеры и отверстия различного диаметра (рис. 2, г). Нередко на грунте встречается антропогенные объекты – обрывки сетей и старые пластиковые садки-корзины, поскольку именно этот пояс активно используется для размещения плантаций для выращивания двустворчатых моллюсков (рис. 2, д).

Рис. 2. Типичные ландшафтные ситуации на подводных склонах района исследований

Фитобентос не развит, встречаются лишь редкие поселения корковых багрянок на раковинах моллюсков и единичные мелкие нерасчлененные талломы зеленых водорослей. На поверхности грунта в зообентосе доминируют губки, численность которых при удалении от берего-

вой границы фации растёт. На песке заметны верхушки раковин крупных двустворчатых моллюсков (*Pina* sp.), придающие ландшафту характерный облик (рис. 2, е). Местами встречаются крупные *Cardiidae*, многочисленны, почти полностью зарывающиеся крупные митилиды, иногда образующие небольшие друзы. Здесь же отмечены массивные птерииды – *Isognomon* sp. и устрицы *Saccostrea* sp. Гастроподы в этой зоне не многочисленны, на песке единично встречаются мурикс, на более крупных твердых обломках и друзах *Bivalvia* попадаются *Trochus* sp. Нередко на поверхности грунта можно обнаружить небольшие гемисферические колонии фавиид диаметром от 10 до 20 см, а при приближении к ее границе – небольшие, чаще мертвые, колонии кораллов рода *Porites*.

На поверхности дна в этом ландшафте в нескольких районах бухты выставлены плантации по культивированию двустворчатых моллюсков. Они представляют собой плотно расположенные ряды пластиковых корзин-садков, частично заполненные окружающим грунтом. Верхняя открытая сторона садков забрана сеткой. Расположение и очертание этих плантаций хорошо видно на спутниковых снимках и фотопланах полученных с использованием дрона.

3) *Пояс коралловых рифов*. При движении от берега первые колонии герматипных кораллов начинают встречаться в 25-30 м от береговой линии, на глубине около 1,5 м. Это небольшие (диаметром 20-30 см) массивные склератинии, обычно сферической формы, единично разбросанные по мористому краю прибрежного пояса несортированного осадочного материала (рис. 2, ж). При удалении в сторону моря их число и размеры заметно увеличиваются и через 10-15 м плотность проективного покрытия дна склерактиниями достигает 20-50 % (рис. 2, ж). На глубине 2–2,5 м в 10–15 м от перегиба склона плотность коралловых поселений достигает 60–80, а на некоторых участках и 100%. Как правило, в верхнем поясе внешнего склона рифа, до глубины 4-5 м, плотность кораллов остается максимальной. Глубже, при приближении к нижней границы склона, поселения склерактиний заметно редуют. Между колониями появляются прогалины, заполняемые рыхлым илистым материалом, из которого выступают обломанные ветви кораллов и верхушки погребенных кораллов (рис. 2, и).

В целом основной каркас рифов бухты формируют массивные кораллы – поритиды и в меньшей степени фавииды (рис. 2, з). Большая часть рифообразующих кораллов в районе водолазных разрезов модельной бухты были мертвые. Процент живых в среднем не превышал 10–15%. В редких случаях покрытие живыми кораллами достигало 30–40 %.

Другие группы герматипных кораллов встречаются значительно реже. Среди них представители родов *Acropora*, *Echinopora*, *Montipora*, *Goniopora*. Фунгииды так же встречены лишь на одном из разрезов (рис. 2, к). Малочисленны и альционарии – единично отмечены только в нижнем горизонте рифового склона.

Из других групп бентоса заметная роль в этих сообществах принадлежит губкам, среди которых чаще всего встречается *Callyspongia* sp. Значительный вклад в создание биогенного материала на рифе вносят так же крупные двустворчатые моллюски: многочисленны крупные *Chama* sp, остреиды и спондилиусы. Но главную роль среди *Bivalvia* играют септиферы и птерииды, в массовом количестве селящиеся на колониях кораллов *Porites* (рис. 2, л). Из гастропод обычны *Trochus* sp. Иголокожих во всех горизонтах рифового пояса мало. Встречены лишь единичные морские ежи – *Echinotrix diadema* (рис. 2, м).

Как и в других прибрежных ландшафтных зонах водоросли в поясе массовых поселений кораллов редки.

4) *Фация мягких илов*. С мористой стороны к рифовому поясу на глубинах 4,5-6,5 м примыкает самая большая по площади фация, занимающая всю центральную часть бухты. Это почти горизонтальная платформа, грунты которой – в основном мягкие, обводненные илы с незначительной примесью песка, ракушечного детрита и редких створок *Bivalvia*, вдоль внешней ее границы встречаются обломки кораллов и небольших камней. Прозрачность воды над этой зоной очень низкая, поэтому наблюдения и видеосъемка были затруднены.

Поверхность илов, по крайней мере, в периферийной зоне поля, заметно биотурбирована и несет следы жизнедеятельности зарывающейся фауны: холмики и впадины диаметром до 20-30 см и амплиту-

дой до 10–15 см., небольшие группы отверстий диаметром до 5 см. (рис. 2, н). Обращает на себя внимание отсутствие биоглифов – следов ползания подвижной эпифауны.

Макрофиты практически отсутствуют. Обнаруженный зообентос представлен немногочисленными зарывающимися полихетами в жестких невысоких трубочках, единичными голотуриями – *Parastichopus* sp. (рис. 2, п). На редких фрагментах твердого субстрата (раковинах, камнях, обычно погребенных под поверхностью грунта, встречены единичные небольшие горгонарии (рис. 2, о) и кораллы-бичи.

Полученные результаты будут использованы при анализе динамики использования дельты реки Красная с определением эколого-хозяйственного баланса территории; для оценки степени антропогенной трансформации и устойчивости ландшафтов. На основе полученных данных разрабатывается классификация ландшафтов исследуемого района, планируется проведение статистического анализа и изучение показателей ландшафтного разнообразия в зависимости от характера ландшафтообразующих процессов. Объединение новых и уже имеющихся данных позволит получить интересные результаты и по-новому осветить эколого-ландшафтные проблемы управления береговой зоной района.

Литература

1. Гурьянова Е.Ф. Фауна Тонкинского залива и условия ее обитания // Фауна Тонкинского залива и условия ее существования. Л.: Наука, 1972. С. 22-146.
2. Даутова Т.Н., Даутов С.Ш., Латыпов Ю.Я., Мощенко А.В. Влияние придонных физических процессов на мелководные рифы архипелага Байтылонг (Тонкинский залив Южно-Китайского моря) // Биология моря. 1999. Т. 25, № 2. С. 104-106.
3. Латыпов Ю. Я. Сообщества макробентоса на рифах архипелага Антхой Южно-Китайского моря // Биология моря. 2000. Т. 26, № 1. С. 22-30.
4. Латыпов Ю. Я. Рифы и сообщества склерактиний западной части архипелага Байтылонг (Южно-Китайское море) // Биология моря. 1992. № 1/2 С. 17-26.

5. Латыпов Ю. Я. Кораллы склерактинии Вьетнама. Ч.3. Фавииды. Фунгииды. М.: Наука, 1995. 144 с.

6. Латыпов Ю. Я. Коралловые рифы Вьетнама. М.: Наука. 2007. 198 с.

7. Шакиров Р.Б., Обжиров А.И., Сырбу Н.С., Нгуен Ну Чунг, Зыонг Куок Хын, Мальцева Е.В., Сорочинская А.В., Югай И.Г., Ле Дык Ань, Фунг Ван Фать, Полоник Н.С., Буи Ван Нам, Нгуен Ван Диеп. Особенности распределения природных газов в донных осадках и воде северо-западной части Тонкинского залива (Южно-Китайское море, Вьетнам) // География и природные ресурсы. 2015. № 4. С. 178-188.

Reference

1. Gur'yanova Ye.F. *Fauna Tonkinskogo zaliva i usloviya yeye obitaniya* [Fauna of the Gulf of Tonkin and its habitat] // *Fauna Tonkinskogo zaliva i usloviya yeye sushchestvovaniya* [Fauna of the Gulf of Tonkin and its habitat]. Leningrad, Nauka, 1972, pp. 22-146. (in Russian)

2. Dautova T.N., Dautov S.SH., Latypov YU.YA., Moshchenko A.V. *Vliyaniye pridonnykh fizicheskikh protsessov na melkovodnyye rify arhipelaga Baytylong (Tonkinskiy zaliv Yuzhno-Kitayskogo morya)* [The influence of benthic physical processes on the shallow reefs of the Baitylong Archipelago (Tonkin Bay, South China Sea)] // *Biologiya morya* [Sea biology]. T.25, 1999, № 2, pp. 104-106. (in Russian)

3. Latypov Yu.Ya. *Soobshchestva makrobentosa na rifakh arhipelaga Antkhoy Yuzhno-Kitayskogomorya* [Macrobenthos communities on reefs of the Anthui archipelago of the South China Sea] // *Biologiya morya* [Sea biology]. T.26, 2000, № 1, pp. 22-30. (in Russian)

4. Latypov Yu.Ya. *Rify i soobshchestva skleraktiniy zapadnoy chasti arhipelaga Baytylong (Yuzhno-Kitayskoye more)* [Reefs and scleractinium communities of the western part of the Baytalong archipelago (South China Sea)] // *Biologiya morya* [Sea biology], 1992, № 1/2, pp. 17-26. (in Russian)

5. Latypov Yu.Ya. *Korally skleraktinii V'yetnama. Ch.3. Faviidy. Fungiidy* [Coral scleractinia of Vietnam. Part 3. Faviids. Fungiids]. Moscow, Nauka, 1995. 144 p. (in Russian)

6. Latypov Yu.Ya. *Korallovyye rify V'yetnama* [Vietnam Coral Reefs]. Moscow, Nauka, 2007. 198 p. (in Russian)

7. Shakirov R.B., Obzhirov A.I., Syrbu N.S., Nguyen Nu Chung, Zyong Kuok Khyn, Mal'tseva Ye.V., Sorochinskaya A.V., Yugay I.G., Le Dyk An', Fung Van Fat', Polonik N.S., Bui Van Nam, Nguyen Van Diyep. *Osobennosti raspredeleniya prirodnikh gazov v donnykh osadkakh i vode severo-zapadnoy chasti Tonkinskogo zaliva (Yuzhno-Kitayskoyemore, V'yetnam)* [Features of the distribution of natural gases in bottom sediments and water in the northwestern part of the Gulf of Tonkin (South China Sea, Vietnam)] // *Geografiya i prirodnnyeresursy* [Geography and Natural Resources], 2015, № 4, pp. 178-188. (in Russian)