

УДК 551.4+551(462+46)

© И.Э. Ломакин, 2011

Отделение морской геологии и осадочного рудообразования НАНУ, Киев

ТЕРРАСЫ ПОДВОДНЫХ ГОР И НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ТЕКТониКИ ДНА ИНДИЙСКОГО ОКЕАНА

Широкое развитие лестниц абразионных террас и плоских вершин подводных гор во всех районах Индийского океана указывает на клавишно-блоковое строение литосферы региона на фоне преобладающей роли вертикальных тектонических движений в процессе формирования современного рельефа дна океана.

Введение. Поток новых данных вынуждает исследователей периодически пересматривать сложившиеся представления о строении дна различных районов океана, закономерностях организации подводного рельефа, возможности применения различных тектонических концепций и гипотез для решения реальных геологических задач. На фоне все еще крайне недостаточной изученности дна океанов любая новая и особенно систематизированная информация становится важной и значимой, равно как и освещение неопубликованных материалов исследований прошлых лет.

Подводный рельеф, как наиболее доступный объект исследования дистанционными методами и прямыми наблюдениями с борта обитаемых подводных аппаратов (ПА), несет в своих особенностях чрезвычайно емкую геологическую информацию. Даже микро- и мезоформы отлично сохраняются водной толщей от механического выветривания, отражая обстановку и среду своего создания. Особенно много важной и значимой информации приносит изучение поверхностей выравнивания, как локальных, так региональных и глобальных. Они встречаются повсеместно в виде отдельных террас, лестниц террас, плоских вершин подводных гор, вытянутых на сотни и тысячи километров протяженных вершинных плато гряд, хребтов и поднятий дна океана. Многие из них (особенно верхних уровней) горизонтальны, некоторые наклонны, но большинство несет на себе следы абразионной деятельности: волноприбойные ниши, нависающие козырьки, бенчи. Часто отмечаются характерные мелководные осадки, специфическая фауна. Безусловно, нет смысла отрицать возможность образования отдельных локальных поверхностей выравнивания и не абразионным путем, но это, как и проблема образования гайотов [6, 19], не является темой данной работы.

Задача состоит в привлечении внимания к широкому, повсеместному распространению именно абразионных форм в рельефе сооружений совершенно различного генезиса: асейсмичных блоковых хребтов, глубоководных плато, рифтогенных образований. При этом особенно важно, что часто наблюдаются целые лестницы подводных террас, предполагающие явно субаэральные этапы жизни структур. На многих островах океана также отмечены современные надводные абразионные морские террасы.

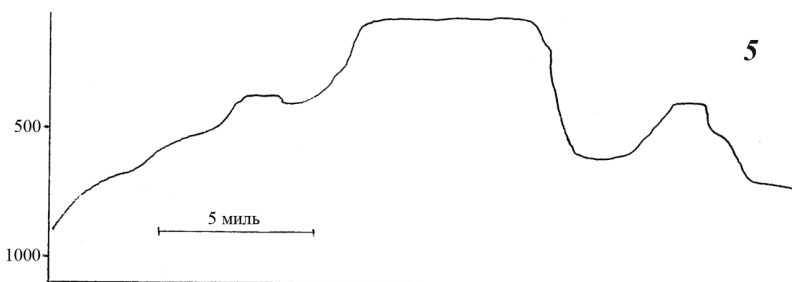
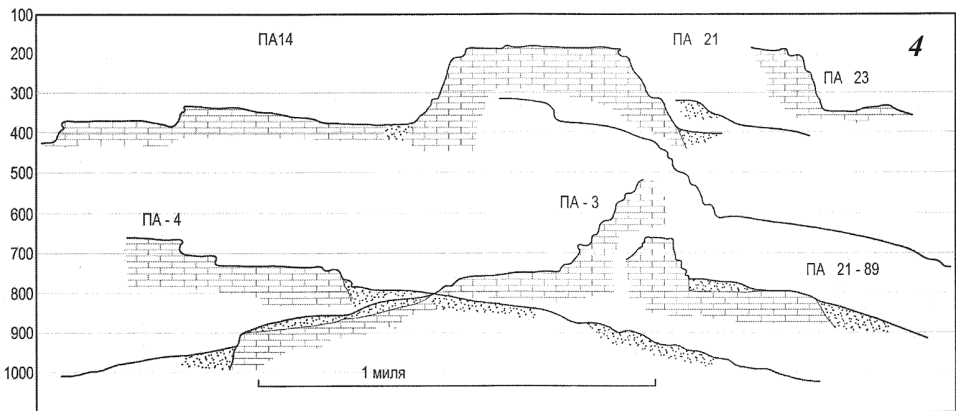
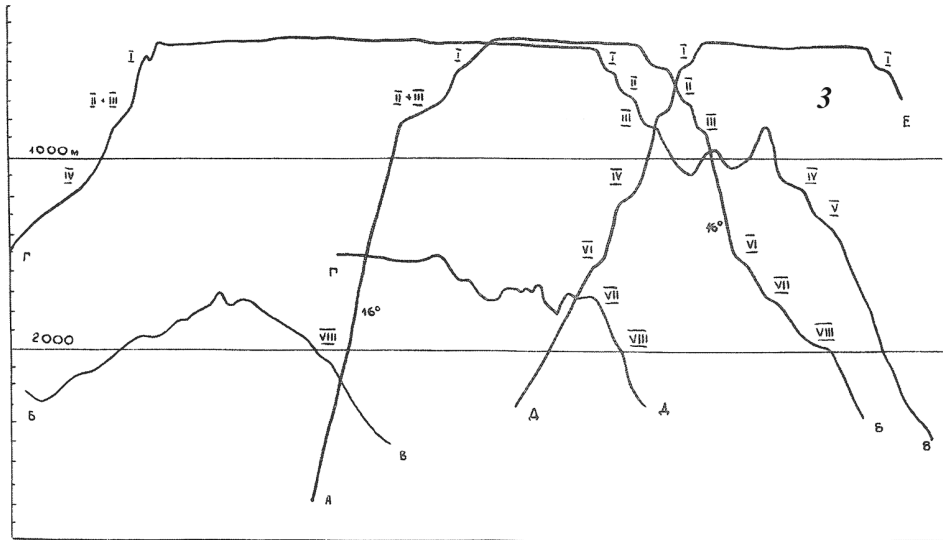
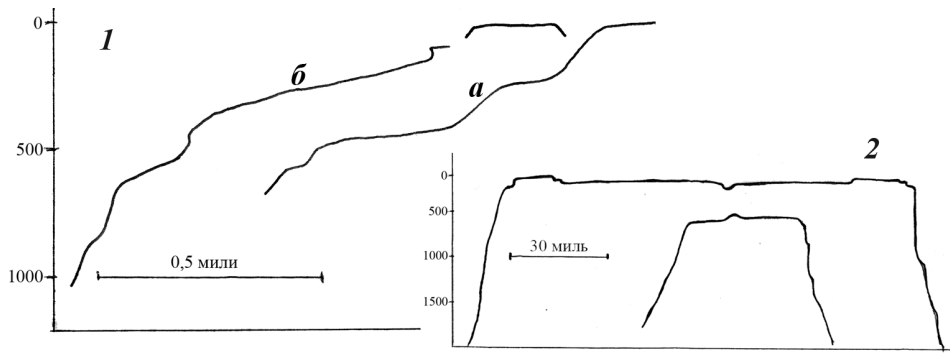
Материалы и методика. В основу данной работы легли материалы экспедиций в Индийский океан научно-поисковых судов базы Гидронавт (впоследствии Мариэкопром, Севастополь). В двух из них автор принимал непосредственное участие. Наблюдение с борта обитаемых подводных аппаратов на фоне детальной батиметрической съемки и геологического опробования дна позволило выявить ряд особенностей строения склонов отдельных подводных гор различных районов океана. Работы выполнялись в районе о. Сокотра, горы Эррор, архипелага Чагос, банки Сая-де-Малья, хребтов Экватор и Западно-Индийского. Были изучены батиметрические схемы, карты и промысловые описания подводных гор и поднятий юго-западной части океана, Восточно-Индийского и Западно-Австралийского хребтов. По литературным данным (DSDP) выполнено сопоставление разрезов осадков на вершинах хребтов и поднятий Индийского океана. Изучены материалы геофизических исследований [2, 11, 12].

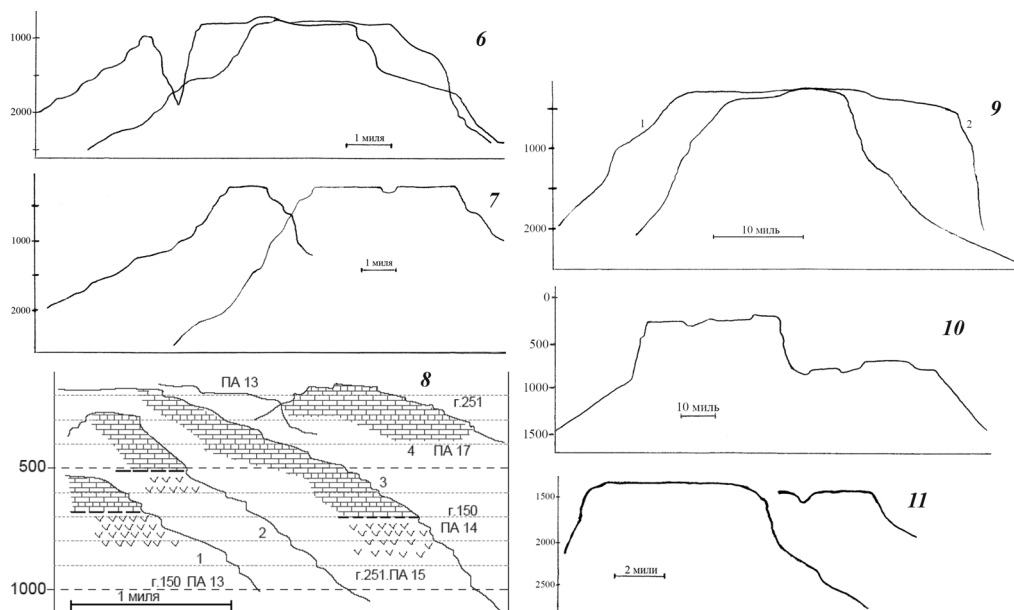
При обработке фондовых и литературных данных [4, 5, 16] особое внимание уделялось выявлению повсеместно развитых подводных поверхностей выравнивания – пространственному, гипсометрическому положению плоских вершин подводных гор и поднятий.

Наблюдениями с борта обитаемого подводного аппарата ПА пологонаклонные террасовидные поверхности выявлены на восточном подводном склоне о. Сокотра (рисунок, фрагмент 1, кривая *a*) на глубинах 60–80, 260–300, 430–480 м. Ширина террас достигает 500 м. Они покрыты илистым осадком, в крутых участках склона обнажаются плотные слоистые известняки.

Плоская вершина подводной горы Эррор, лежащей в 200 милях к юго-востоку от о. Сокотра, расположена на глубине 350–360 м. Длина вершинной поверхности около 15 миль. Погружение горы было столь стремительно, что от абразии сохранились реликты кольцевого рифа. Симметричные лестницы террас (рисунок, фрагмент 3), установленные батиметрической съемкой на различных склонах довольно большой горы, подчеркивают их абразионное происхождение и многоэтапность опускания структуры.

Террасовидные поверхности были установлены подводными наблюдениями и батиметрической съемкой на западном склоне банки Спикерс (архипелаг Чагос – рисунок, фрагмент 1, кривая *b*). Сама гора представляет собой активно опускающийся гайот. На вершинной поверхности, лежащей сегодня на глубине около 40 м, уже нет полей живых кораллов. Склоны горы до глубин как минимум 1200 м (зона наблюдения из ПА) сложены коралловыми известняками. В интервале глубин 650–1200 м общая крутизна склона достигает 60–70°. Лишь изредка встречаются (глубина 860 м) узкие террасы с нависающим козырьком в тыловом вертикальном уступе. Ясно видна террасовидная поверхность на глубине 500–600 м. Уступ над ней осложнен нависающим известняковым карнизом. Выше склон опять заметно вылаживается. Эта терраса покрыта слоем карбонатного песка с включениями хорошо окатанной известняковой гальки и крупных (до 2–3 м) округлых валунов и также увенчана вертикальным клифом с нависающим козырьком. Налицо лестница абразионных уступов, подчеркивающая этапность погружения структуры.





Профили подводных гор и поднятий Индийского океана. 1 – о. Сокотра (а), банка Спикерс (б); 2 – банка Сая-де-Малья; 3 – гора Эррор; 4 – хребет Экватор; 5 – банка Уолтерс; 6 – ЗИХ, гора 325; 7 – гора Героевка; 8 – горы 150 и 251; 9 – горы Обь и Лена; 10 – гора Банзаре (Кергелен); 11 – массив Мод (1, 3, 4, 8 – по данным подводных наблюдений)

Весь Чагос-Лаккадивский (Мальдивский) хребет представляет собой линейную субмеридиональную блоковую структуру, основные формы рельефа которой определены положением глобальной тектоно-линеamentной сети региона – разломами ортогональной и диагональной ориентировки. Мощность земной коры здесь по геофизическим данным [2] повсеместно превышает 17,5 км, глубина до кровли мантии под Лаккадивским хребтом составляет 25 км, под Мальдивским и Чагос – 27 и 30 км соответственно (по другим данным – в среднем 20 км). Вершинная поверхность хребта повсеместно выровнена, склоны узки в плане и круты. Хребет обладает характерной блоковой морфологией [14, 15], разбит рядом поперечных разломов. Характер залегания осадочной толщи хребта, вскрытой скважинами 219 и 238 DSDP, подчеркивает глыбовую структуру его фундамента. В цоколе залегают излившиеся в мелководных условиях пузырчатые базальты олигоцена, перекрытые мелководными осадками нижнего олигоцена. На них несогласием залегают глубоководные верхнеолигоценовые осадки, фиксирующие время погружения структуры. Рифовые известняки в гребневой части хребта имеют мощность 2500 м.

Иной наиболее крупной и ярко выраженной субмеридиональной протяженной линейной структурой севера Индийского океана является Восточно-Индийский хребет, или хребет 90-го градуса [5]. По всей своей длине (4500 км) он имеет ширину общую – около 220 км, уплощенной вершинной поверхности – 50–85 км, глубины над гребнем 2–3 км. На всем протяжении его профиль асимметричен: западные склоны лежат на глубине 4–5 км, во-

сточные – почти на километр глубже. При этом вдоль всего подножия восточного склона хребта тянется желоб с глубинами до 5,8 км. Несмотря на то, что это явно единое образование, отмечаются существенные различия в структурном рисунке различных блоков хребта, разделенных разломами и крутостенными грабенами.

Для северной части структуры характерны мощные системы сбросов и грабенов двух основных направлений: СЗ 320–330° и СВ 40–45°. Здесь несомненно серьезные вертикальные подвижки, выделяется несколько возвышенностей, по-видимому, вулканического происхождения [7].

В средних блоках хребта наиболее выражены субмеридиональные и широтные дислокации – разломы и грабены с террасированными склонами. В южных блоках опять преобладают диагональные структуры.

С юго-востока хребет оконтуривает асимметричный ступенчатый грабен северо-восточного простирания – явно структура растяжения. Отмечены также некоторые различия в этапности погружения хребта. На севере и юге мелководные осадки мела, палеоцена и эоцена с разрывом перекрываются глубоководными отложениями олигоцена. В центре осадки эоцена уже имеют глубоководный характер [7, 11], подчеркивая более раннее погружение этого блока (скв. 214, 216, 253 DSDP).

Уже только на основе приведенных данных можно ясно представить общую геологическую схему хребта и его кайнозойскую историю. Блоковое строение структуры и преобладающая роль вертикальных тектонических движений в формировании основных черт ее рельефа не вызывают сомнений.

Террасы подводных гор хребта Экватор изучены достаточно детально [10]. Здесь выполнено 14 погружений подводного аппарата, системная галсовая батиметрическая съемка, опробование коренных пород драгами. Сам хребет – это горстовое блоковое горное сооружение длиной около 160 миль. Все горы морфоструктуры имеют ясно выраженные лестницы террас (рисунок, фрагмент 4). При этом волноприбойные ниши, нависающие карнизы, хорошо выраженные бенчи и клифы выявлены как в коренных породах – базальтах, так и в известняковых шапках, их покрывающих на отдельных горах. Важно, что в каждом блоке хребта есть горы как с известняковыми шапками, так и без них. Глубины залегания контакта базальт – известняк на разных горах (и даже на одной горе) различны. Это подчеркивает блоковое строение как структуры в целом, так и отдельных ее гор и тот факт, что базальтовое основание не было сильно разрушено и выровнено абразией до начала интенсивного накопления известняков, явно рифогенных в верхних частях разреза. Базальты района имеют щелочную специализацию, хорошо раскристаллизованы. Пузырчатых лав не обнаружено.

Террасы выявлены до глубин 1400 м. Протяженные субгоризонтальные поверхности видны и на больших глубинах, но считать их абразионными можно лишь по косвенным признакам (симметричность, например). Но и в этом случае можно вполне уверенно предположить, что данный блок земной коры после накопления карбонатных рифогенных шапок испытал ранее поднятие не менее чем на 1400 м, а затем стадияльное опускание, зафиксированное в образовании лестниц явно абразионных террас. Интерес-

но, что железомарганцевые корочки на горах хребта максимально развиты в достаточно определенном интервале глубин, что может быть связано с вполне конкретной общей океанологической обстановкой на момент их образования.

Важно отметить, что некоторые террасы среднего уровня имеют незначительный уклон, плоская же вершина горы Центральная, лежащая на глубине 200 м, строго горизонтальна. Это подчеркивает различие в тектоническом режиме отдельных этапов образования структуры.

Обсуждая проблему распространения плосковершинных подводных гор, нельзя обойти вниманием крупнейшее поднятие дна Индийского океана – глыбово-вулканический Маскаренский хребет. В его пределах расположены весьма различные, но часто морфологически схожие структуры. Это прежде всего обширные коралловые банки Судан, Каргадос-Карахос, Саяде-Малья и Назарет. На севере расположена коралловая Сейшельская банка с докембрийским гранитным массивом Сейшельских островов в ее основании. В очертании хребта и его рельефе отчетливо отражается ориентировка глобальной разломной сети, единой для всего Океана.

Для обсуждаемой в данной работе темы существенным является наличие на склонах хребта нескольких абразионных террас и нескольких уровней поверхностей выравнивания, на фоне очень крутых склонов собственно коралловых построек (рисунок, фрагмент 2). Все это подчеркивает важную роль вертикальных подвижек в процессе формирования структуры. По данным подводных наблюдений кавернозные рифовые известняки прослеживаются на склонах банки Саяде-Малья до глубин 250 м. Глубже лежат ритмичнослоистые плитчатые известняки, на глубинах свыше 800 м сменяющиеся тонкослоистыми плотными известняками. Существует вполне обоснованное мнение [14, 15], что блоковый Маскаренский хребет, как и другие асейсмичные хребты, является примером горстовых сооружений, оказавшихся останцами оседания на фоне быстрых погружений ложа океана.

Западно-Австралийский хребет (или плато Броккен) является ключевой структурой в рамках решения многих вопросов геологии дна Индийского океана. Это широтно ориентированное плосковершинное весьма протяженное асейсмичное сооружение [4, 17] имеет явные черты фрагмента земной коры континентального типа. Блоковое строение, закономерно ориентированная ортогонально-диагональная разломная сеть, аномально высокая мощность фундамента, зафиксированные в составе осадков масштабные вертикальные тектонические движения и специфические споро-пыльцевые комплексы подтверждают континентальную природу плато Броккен. Здесь бурением (скважина 255 DSDP) выявлена толща мелководных известняков, хорошо выражены многократные перерывы в кайнозойском осадконакоплении, уверенно диагностируются мелководные (шельфовые) раннепалеогеновые горизонтальнослоистые осадки на явно проработанной морской абразией вершинной поверхности [17]. Плато разбито разломами широтного, северо-западного и северо-восточного простирания [4] согласно тектонолинеamentной сети окружающих его котловин и всей морфоструктуре дна Индийского океана.

Хребет Кергелен многими исследователями считается схожим с плато Броккен. Здесь также широко развиты обширные поверхности выравнивания

ния на фоне аномально высокой для океана мощности земной коры и аналогично ориентированной тектоно-линеamentной сети. Остров Кергелен сложен лавовыми потоками щелочных базальтов с включением пластов каменного угля. Палеоген-неогеновая растительность представлена там подокарпусами и араукариями [2]. Базальтовые покровы прорваны позднемиоценовым гранито-сиенитовым плутоном. На острове Херд щелочные базальты покрывают раннеэоценовые пелагические известняки. Новые данные об исключительно большой мощности мезо-кайнозойского чехла и открытие обнажения гранито-метаморфического фундамента дали, наконец, более уверенные представления о континентальной природе, по крайней мере, южного массива плато [14, 21]. Морфология отдельных блоков хребта однозначно иллюстрирует глубокую абразионную проработку его вершины (рисунок, фрагмент 10, банка Банзаре) и определяющее влияние вертикальных движений на формирование рельефа структуры. Простирающиеся на сотни километров субгоризонтальные плато – характерная черта всего хребта Кергелен.

В юго-восточном секторе океана расположено еще несколько крупных поднятий, в рельефе которых отчетливо зафиксированы активные вертикальные тектонические подвижки. Это, прежде всего, возвышенность Конрада с горами Обь и Лена (рисунок, фрагмент 9), плато Дель-Кано и Крозе. Широкие плосковершинные подводные плато зафиксированы в выступах антарктического шельфа (хребет Гунерус, возвышенность Мод (рисунок, фрагмент 11), где абразионные ступени и плато читаются абсолютно достоверно. Несколько обособленно расположено плато Агульяс с корой явно континентального типа [14]. Все эти структуры объединяют, прежде всего, блоковое строение, закономерно ориентированная разломная сеть, обширные абразионные поверхности выравнивания (плато) на их вершинах и заметно повышенная мощность земной коры в их основании.

То же можно сказать о других структурах региона – Мозамбикском и Мадагаскарском хребтах, где абразионные поверхности как малых глубин (банка Уолтерс, рисунок, фрагмент 5), так и глубоководные хорошо видны на профилях, батиметрических схемах и опубликованных картах. Детально останавливаться на деталях строения этих морфоструктур в данном тексте не имеет смысла, так как даже ярые сторонники ультрамобилистических концепций не отрицают их континентальную природу.

К обзору структур центральной части океана можно лишь добавить, что характерную плоскую вершинную поверхность имеет также блоковый асейсмичный хребет Родригес и еще многие другие положительные формы рельефа дна океана.

При описании форм подводного рельефа представляется очень важным отметить наличие явно абразионных поверхностей выравнивания на подводных горах не только блоковых (горстовых), но и рифтогенальных хребтов. Хорошо выраженные террасы и уплощенные вершины выявлены батиметрической съемкой и подводными наблюдениями на многих подводных горах Западно-Индийского хребта (ЗИХ) между разломами Дискавери и Мелвилл (рисунок, фрагменты 6, 7, 8). Анализ батиметрических и промышленных схем показывает наличие таких форм на всем протяжении морфоструктуры. Например, гора 325 (32,5° ю.ш.), лежащая на фланге разлома Ат-

лантис, имеет на глубине 700-800 м плоское вершинное плато длиной около 4 миль и плоские террасы на глубинах 1000 и 1400 м. Контуры горы явно заложены по разломам ортогональной ориентировки.

Подводная гора Гололобова в осевой части флангового хребта зоны разломов Дискавери имеет настолько явно выраженную плоскую вершинную поверхность на глубине 300-400 м, что здесь даже выделены участки безопасного донного промыслового траления. В форме горы читаются линейаменты северного, северо-западного и северо-восточного направлений.

Наиболее детально изучены горы 150 и 251 (рисунок, фрагмент 8), лежащие на вершинах субмеридиональных фланговых хребтов, облекающих с запада и востока зону разломов Галлиени. Обе горы имеют явно блоковое строение и заложены по ортогональной разломной сети, характерной для всего ЗИХ. Некоторые уступы заложены по разломам северо-восточного направления. Отмечены узкие линейные расщелины и одиночные уступы северо-западного простирания (320°). В зонах разломов, пересекающих гору, местами развиты тектонические брекчии. Террасы на горе 150 обнаружены на глубинах 400, 500, 8650, 1000 м; на горе 251 – 300, 500, 860, 1000 м. Верхние террасы ступенчаты, иногда имеют нависающие козырьки в тыловой части и ниши, скорее всего – волноприбойные. По данным драгирования и наблюдений с борта ПА основания гор региона сложены гипербазитами и кристаллическими сланцами и перекрыты маломощной толщей миоценовых [3] рифогенных известняков.

В основании толщи известняков лежат базальные конгломераты и брекчии, состоящие из обломков и гальки ультраосновных пород, сцементированных карбонатным материалом. На горе 150 на глубине около 235 м удалось установить границу между гипербазитами и рифогенными известняками. Граница резкая. Контактных изменений не обнаружено. Следует отметить, что эта граница на разных склонах горы и на разных горах лежит на различных глубинах.

На уплощенной вершинной поверхности горы 150, сложенной известняками, обнаружены карстовые воронки диаметром до 15 м, что подчеркивает наличие субаэрального этапа в истории развития структуры.

Сумма приведенных данных свидетельствует в пользу того, что фактически все наиболее высокие горы ЗИХ – неотъемлемой части системы рифтовых хребтов Мирового океана – имеют блоковое строение, заложены по разломам диагональной и ортогональной ориентировки. Шапки рифогенных известняков, плоские вершины и террасированные склоны указывают на важную роль вертикальных тектонических движений в формировании морфоструктуры ЗИХ.

Обсуждение результатов. Уникальность Индийского океана состоит в том, что именно здесь находится «...одна из наиболее ярких групп микроконтинентов» [16] и асейсмичных блоковых хребтов. Это плато Агульяс, Кергелен, Брокен, возвышенности Конрада, Дель-Кано, Кроче, хребет Гунерус в южной части океана, микроконтиненты Мадагаскара и Маскаренско-Сейшельского блока в западной. На севере Сомалийской котловины лежит континентальный блок о. Сокотра, глыбовый хребет Чейн и еще три параллельных ему блоковых хребта. В южной части котловины выделяется

горстовый хребет Экватор. В северо-восточной части океана располагаются субмеридиональные асейсмичные блоковые хребты Инвестигейтор, Де-Вяностого градуса и Чагос-Лаккадивский (Мальдивский). Все перечисленные структуры выявляют аномальную для океана повышенную мощность земной коры, характеризуются проявлениями щелочного и кислого вулканизма и имеют обширные плоские субгоризонтальные поверхности либо несут на себе плосковершинные подводные горы, инкрустированные лестницами абразийных террас. Они часто обрамлены глубоководными желобами, разбиты ступенчатыми закономерно ориентированными грабенами и разломами. Последние обычно секут не только коренные породы, но и осадочный чехол.

Важно отметить, что котловины, располагающиеся между перечисленными выше хребтами, весьма точно наследуют ориентировку линейно-амбипланарных сетей последних. Например, грядовый рельеф дна котловин по разные стороны Восточно-Индийского хребта имеет точно такое же северо-восточное простирание, как и одна из важнейших систем разломов и грабенов самой структуры. То же в большой мере можно сказать и о Мальдивском хребте. Но здесь ситуация еще более интересна: трансформные разломы Центрально-Индийского рифтового хребта косо пересекают Мальдивский хребет и прослеживаются в теле Маскаренского, несмотря на аномально большую мощность коры под ними.

Общая картина выглядит так, что разломная сеть северо-восточной ориентировки одинаково легко и без видимых различий косо сечет как рифтогенные хребты, так и асейсмичные блоковые сооружения, подчиняясь заложению общего структурного плана всей северной части и центра океана. Она хорошо прослеживается в грядовом рельефе дна котловин Центральной и Бартон, находит продолжение за Филиппинской (Зондской) дугой в ориентировке хребтов морей Сулу и Сулавеси.

Тектоническая природа котловин Индийского океана не вызывает сомнений. Закономерная ориентировка гряд, уступов ступеней, грабенов и горстов, цепи вулканов, «сидящих» на диагональных разломах (гора А. Никитина, хребет Ланка в Центральной котловине, горы впадины Агульяс [1]), подтверждает это мнение.

Мощность осадков в большинстве котловин открытого океана незначительна. Их разрез, как в котловинах, так и на вершинах блоковых хребтов начинают мелководные фации, по возрасту редко превышающие низы верхнего мела. В наиболее древней – Сомалийской котловине мелководные меловые осадки лежат на слоистой 4-5 километровой толще домелового возраста – возможно аналога серии Кару. В котловинах Кокос, Уортон и Северо-Австралийской углубление началось уже в позднем мелу, в Маскаренской и Мадагаскарской – в миоцене и олигоцене, в Центральной – в палеоцене. Блоковые хребты, микроконтиненты, довольно жестко построенные котловины, обширные краевые плато создают жесткий каркас морфоструктуры дна Индийского океана, связанный единой для океана и окружающих континентов стабильной в пространстве и времени тектоно-линейно-амбипланарной сетью [9]. Предположить существенные перемещения и развороты отдельных блоков затруднительно.

Крайне интересная позиция рифтогенальных (рифтогенных) хребтов океана. ЗИХ от точки тройного сочленения до зоны разломов Принц Эдуард являет собой, по сути, несколько гипертрофированный трансформный разлом Срединно-Индийского хребта того же северо-восточного простирания, что и иные трансформные разломы структуры. Он не прослеживается далее на северо-восток после пересечения с главным рифтовым хребтом океана. Следовательно, срединг в нем не просто медленный – он практически отсутствует. Пересекающие ЗИХ крупные субмеридиональные разломные зоны Мелвилл, Атлантис, Галлиени, Индомед, Принц Эдуард – это не обычные трансформные разломы. Это фактически самостоятельные крупные рифтогенальные системы растяжения, облеченные блоковыми хребтами, прослеживаемые на тысячи километров на юг и на север, вплоть до границ Сомалийской котловины. Далее к юго-востоку, параллельно ЗИХ размещены еще несколько трансформных конструкций. С наибольшей из них – разломом Амстердам связано протяженное поднятие СВ простирания, соединяющее своеобразным мостом плато Кергелен и плато Броккен. Интересно, что далее к югу срединный рифтогенный Австрало-Антарктический хребет принимает субширотное простирание, закладываясь по иной, ортогональной ветви глобальной системы разломов дна океана. Центрально-Индийский хребет (ЦИХ) несколько раз резко меняет свое простирание, явно приспособившись к положению ослабленных зон в крепком каркасе плотно состыкованных жестких литосферных плит. Его положение очевидно предопределено общей тектонической обстановкой региона. Более того, трансформные разломы ЦИХ косо секут его ось, фактически являясь частью закономерно построенной разломной сети региона.

Подводя итог короткому обзору ориентировки некоторых линейных форм рельефа, кажется необходимым особое внимание обратить на следующее:

1. Практически все структуры дна океана ориентированы закономерно – либо меридионально и широтно, либо диагонально.

2. Тектоно-линеamentная сеть океана в целом, как и собственно глыбово-горстовых, рифтовых хребтов и впадин, их разделяющих, едина и заложена задолго до начала формирования самой океанической впадины на основе общепланетарных, глобальных процессов. Все дно океана представляет собой мозаику блоков, заложенную на пересечении ортогональной и диагональной разломной сети. Предположить какие-либо существенные взаимные подвижки или вращения отдельных блоков крайне сложно, так как в этом случае нарушится строгая ориентировка протяженных тектоно-линеamentов и пространственно выдержанная соподчиненность трещиноватости отдельных блоков. Никаких следов субдукции в регионе не выявлено.

3. Рифтогенные хребты явно не играют ведущую роль в формировании морфоструктуры дна океана в целом. Они с трудом размещаются в тектонически ослабленных зонах жесткого каркаса асейсмичных структур и океанических котловин, выбирая направление согласно ориентировке глобальной тектоно-линеamentной сети, проявляя характерные черты наложенных структур.

Вертикальные движения отдельных участков земной коры, в отличие от явных значительных горизонтальных перемещений, фиксируются в оке-

ане повсеместно, находя свое отражение в образовании морских абразионных террас и поверхностей выравнивания.

Их происхождение чаще всего вызывает дискуссии из-за недостатка информации в каждом конкретном случае. Когда же на склоне подводной горы исследователь с борта ПА видит протяженные волноприбойные ниши, нормальный клиф и ясно выраженный бенч – нет никаких оснований сомневаться в абразионном происхождении террасы. Есть множество косвенных признаков морской абразии. Это галечники, гранулометрический и вещественный состав осадков, морфоскульптура коренных пород, площадь террас и плоских вершин, общая геоморфологическая обстановка, включая симметричное положение террас на разных склонах горы. Комплексная оценка ситуации, как правило, исключает ошибку. Иной вопрос – что послужило причиной образования террасы или плоской вершины подводной горы: изменение уровня моря, опускание дна или, в отдельных случаях, подводные излияния сверхтекучих магм. Дискуссия о происхождении гайотов, равно как изучение колебания уровня океана [6, 19], не являются темой данной статьи. Задача состояла в привлечении внимания специалистов к широкому развитию в Индийском океане заведомо абразионных поверхностей выравнивания, иллюстрирующих важную роль вертикальных тектонических движений в формировании современного подводного рельефа.

Глобальные колебания уровня моря объясняют, прежде всего, саму возможность образования лестниц надводных и подводных морских террас. На горах Индийского океана террасы вырезаны, как правило, в теле рифогенных известняков, образующихся в условиях медленного опускания морского дна. Затем должно следовать заметное общее воздымание территории выше уровня моря, и лишь после этого в процессе стадийных отрицательных тектонических движений образуются абразионные террасы, и горы погружаются на современную глубину.

Геоморфологический анализ позволяет на основании сопоставления положения подводных поверхностей выравнивания выполнять некоторые тектонические реконструкции [8], но для данного региона это сделать крайне тяжело из-за явной нехватки достоверного материала. Это задача отдельного исследования. Однако сегодня есть уже все основания утверждать, что во всех районах океана вертикальные тектонические движения достоверно доказаны на стыке блоков, в пределах одной морфоструктуры и даже в контурах отдельных гор и поднятий.

Здесь также необходимо отметить несколько очень важных фактов:

1. Дно котловин по разную сторону протяженных линейных блоковых хребтов (Восточно-Индийский, Мальдивский, Инвестигейтор, Маскаренский и др.) лежит, как правило, на разных глубинах.

2. Вдоль хребтов обычно отмечаются желоба.

3. Рифты и трансформные разломы, играющие в отдельных районах роль рифтовых структур (ЗИХ), размещены в океане разнонаправленно, подчеркивая разные направления спрединга.

4. Цепочки подводных вулканов размещаются в пределах котловин и вершинных поверхностей блоковых хребтов вдоль разломных зон.

5. В пределах блоковых хребтов и в их основаниях развиты разнонаправленные асимметричные ступенчатые грабены.

6. Абразионные поверхности многих хребтов и отдельных гор имеют некоторый наклон. Иногда он отмечен только у террас какого-то одного (среднего) уровня.

7. Наиболее древние котловины размещены по периферии океана.

Изложенное подчеркивает существование постоянного режима растяжения в земной коре океана, активного, по крайней мере, с верхнего мела.

Упорядоченная, стабильная в пространстве и времени разломная сеть является канвой, по которой развивалась геологическая история региона. Она, очевидно, заложена на ранних этапах становления земной коры, благодаря напряжениям планетарного масштаба [18, 20]. Плюмовые процессы являются наиболее вероятным стартовым механизмом образования океанической впадины. Весьма плодотворным и современным видится применение идеи горячих поясов для решения основных вопросов геологии океанов [13].

Выводы. 1. В Индийском океане повсеместно в пределах структур самого разного генезиса, пространственного положения и возраста широко развиты абразионные поверхности выравнивания. Они фиксируют важнейшую роль вертикальных тектонических движений в формировании рельефа дна океана и в его геологической истории в целом.

2. Земная кора региона имеет явно блоковое строение. Обширные относительно жесткие и стабильные блоки разделены разнонаправленными, меняющими свое простирание рифтогенными структурами, заложенными в ослабленных зонах литосферы.

3. Основные линейные структуры дна океана закономерно ориентированы согласно глобальной разломной сети, единой для дна океана и окружающих континентов. Рифтовые хребты и их трансформные разломы наследуют структурный план блоков, которые они разделяют.

4. Впадины океана заложены по разломам древнего структурного плана в режиме общего растяжения земной коры.

5. Наиболее вероятным запускающим механизмом формирования рифтогенных хребтов, самих океанических впадин и всей морфоструктуры дна океана являются мантийные плюмовые процессы, развивающиеся вдоль зон древних планетарных тектонических нарушений.

Автор выражает глубокую благодарность гидронавтам-наблюдателям Иванову В.Е., Малахову В.П., Коростину Н.Н. за содействие в подборе и обсуждении первичных данных подводных наблюдений, а также Кочеламбу В.В. за помощь в подготовке материалов статьи к публикации.

1. *Бережный Б.Д.* Абиссальные холмы Южной части котловины Агульяс. В кн. Геоморфология и тектоника дна океана. М.: Наука, 1985.
2. *Бурьянов В.Б., Русаков О.М., Соловьев В.Д.* Глубинное строение тектонических структур северо-западной части Индийского океана. В кн. Морская геология, седиментология, осадочная петрография и геология океана. Ленинград: Недра, 1980. – С. 229-239.
3. *Геворкьян В.Х., Вакарюк В.Т., Лемишко Р.А., Федоришин Ю.И. и др.* Структурная позиция и коренные породы подводных гор центральной части Западно-Индийского хребта. Препринт ИГН АН УССР. 90 – 60. Киев, 1990. – 48 с.

4. Живаго А.В. Геоморфология и геологическая история хребта Броккен (Западно-Австралийского) в восточной части Индийского Океана. В кн. Геоморфология и тектоника дна океана. М; Наука, 1985. – С. 7-23.
5. Канаев В.Ф. Рельеф дна Индийского океана. М: Наука, 1979. – 266 с.
6. Касьяненко Л.Г., Карпельсон Р.Ш. К вопросу о происхождении гайотов // Геоморфология. 1981. – №1. – С. 69-72.
7. Левченко О. В., Сборщиков И.М., Иваненко А. Н., Маринова Ю.Г. Строение Восточно-Индийского хребта по новым данным // Геология морей и океанов. Тез. докл. 18 школы морской геологии. Т.5, М: Геос, 2009. – С. 76 – 79.
8. Леонтьев О. К., Лукьянова С.А., Медведев В.С. Вертикальные движения земной коры в пределах ложа Тихого океана по данным геоморфологического анализа // Океанология 1974. – т. 14. – вып.6. – С. 1022-1028.
9. Ломакин И. Э. Линеаменты дна Индийского океана. Геология и полезные ископаемые Мирового Океана. 2009. – № 1 – С. 5-14.
10. Ломакин И. Э. Особенности геологического строения хребта Экватор (Индийский океан) // Геология и полезные ископаемые Мирового Океана. 2009. – №2. – С. 54–68.
11. Маринова Ю. Г. Сейсмостратиграфия осадочного чехла северной части Восточно-Индийского хребта // Геология морей и океанов. Тез. докл. 18 школы морской геологии. Т.5, М: Геос, 2009. – С. 90 – 93.
12. Непрочнов Ю.П., Безвербная В. В. Сейсмические волновые поля, глубинное строение и возраст котловин Индийского океана // Океанология, 2005. – т. 45. – № 5. – С. 747–760.
13. Оровецкий Ю. П., Кобелев В. П. Горячие пояса земли. Киев, Наук. думка, 2006. 311с.
14. Удинцев Г. Б. Геоморфология дна Индийского океана
15. Удинцев Г. Б. Рельеф и строение дна океанов. М: Недра, 1987. – 240 с.
16. Удинцев Г.Б., Ильин А В. Дно океанов – моногенез или гетерогенез? // Геоморфология 2006. – №4 – С. 11 – 22.
17. Удинцев Г. Б., Коренева Е. В. Происхождение асейсмичных хребтов восточной части Индийского океана // Геотектоника, 1980. – № 6. – С. 13 – 22.
18. Тяпкин К. Ф. Физика Земли, К:, Выща школа, 1998. – 291 с.
19. Хосино М. Морская геология. М: Недра. 1986. – 432 с.
20. Чебаненко І. І. Про планетарні розломі (лінеamenti) літосфери. ДАН України, 1962. – 39. – С.1227-1229.
21. Ramsay D.C., Cal well J.S., Caffin M.F., at all. New founding from the Kergelen plateau. Geology 1986. – vol 14. – № 7. – P. 589-593.

Значне поширення абразійних терас та плоских вершин підводних гір у всіх районах Індійського океану ілюструє клавішно-блокову будову літосфери регіону на тлі провідної ролі вертикальних тектонічних рухів у процесі формування сучасного рельєфу дна океану.

Widespread occurrence of abrasion terraces and plane tops of submarine mounts indicates the block-building structure of Indian ocean Earth Crust and the prominent role of vertical tectonic movements in forming the bottom relief.

Поступила 26.03.2011 г.