
УДК 551.35:(551.242.2:551.462)(261+267)

И.Э. Ломакин, В.Е. Иванов

Отделение морской геологии и осадочного рудообразования НАН Украины, г. Киев

МОРФОЛИТОГЕНЕЗ НА ПОДВОДНЫХ ГОРАХ МИРОВОГО ОКЕАНА

Морфолитогенез — один из важнейших факторов формирования рельефа дна Мирового океана. Он отлично проявлен как в тропических, так и в бореальных широтах. Мощностъ и масштабностъ процессов явно контролируется общегеологической и тектонической обстановкой каждого конкретного региона.

Ключевые слова: геоморфология океанического дна, террасы, морфогенез, подводные горы, вертикальные движения.

Введение

Попытка увязать в единое целое современные представления о процессах литогенеза и морфогенеза закономерно органично привела к появлению новой области на границе геологических и географических наук — седиментологии и геоморфологии — уче-ния о морфолитогенезе. [17].

Наиболее подробные научные разработки в этой области каса-ются шельфовой зоны и принадлежат Е.Н. Невесскому, А.С. Ио-нину, Ю.В. Павлидису [7]. Под термином «морфолитогенез» они понимали совокупность взаимодействующих и взаимосвязанных природных процессов формирования рельефа и осадков в услови-ях динамичной среды и высокой энергии самих экзогенных про-цессов, изменяющихся под влиянием различных зональных и азо-нальных факторов.

Морфолитогенез лишь отчасти сопоставим с термином «ли-тогенез», так как кроме стадий мобилизации, переноса, осажде-ния и первичного диагенеза осадочного вещества в приёмных бас-сейнах сноса включает взаимодействующие с осадконакоплением субаэральные и субаквальные процессы формирования рельефа, определяющие облик морского дна.

По мнению А.С. Ионина и др. [7], применение термина «морфо-литогенез», а не «морфоседиментогенез», не случайно. На шельфе

© И.Э. ЛОМАКИН, В.Е. ИВАНОВ, 2012

часто не только накапливаются рыхлые толщи, но и формируются осадочные, подвергшиеся быстрой литификации, преимущественно карбонатные породы. Обычно они слагают отдельные участки ровных аккумулятивных поверхностей или полужитительные формы рельефа, в том числе — коралловые рифы. На формирование осадочных толщ наиболее существенно влияют следующие факторы: структурно-тектонические, палеогеографические, климатические, гидродинамические, биогенные, хемогенные, эоловые и др. Преобладание тех или иных рельефообразующих факторов и процессов, их сочетание, интенсивность проявления позволяют выделить в Мировом океане различные типы морфолитогенеза.

Использованные материалы

Авторами собран большой объем данных об условиях океанического осадконакопления, о рельефе и геологическом строении подводных гор Атлантического, Тихого и Индийского океанов. Более чем на 60 горах выполнены детальные батиметрические съемки, массовый пробоотбор грунтов, в том числе драгированием. Были обработаны материалы более чем 200 погружений глубоководных обитаемых аппаратов, в большинстве из которых авторы принимали непосредственное участие. Анализ полученного материала позволяет оценить роль процессов морфолитогенеза в формировании и эволюции рельефа (морфогенезе) подводных гор различных районов Мирового океана, в частности, формировании гайотов.

Климатическая зональность и типы морфолитогенеза на подводных горах Мирового океана. Особенности осадконакопления в океанах существенным образом зависят от циркумконтинентальной, климатической и вертикальной зональности [11]. Однако, на подводных горах вертикальная и циркумконтинентальная зональность проявляются крайне слабо и не оказывают значимого воздействия на морфолитогенез. Вершины подводных гор расположены, как правило, выше уровня карбонатной компенсации (лизоклина), а классическая схема изменения гранулометрического состава с глубиной здесь не работает: в условиях воздействия сильных придонных течений, на значительных глубинах (2000 м и более) здесь часто формируются биогенные крупнозернистые осадки, в то время как в мелководных лагунах и палеолагунах современных и древних атоллов могут залегать тонкодисперсные илы.

Подавляющее большинство подводных гор расположено в открытом океане, где господствует биогенное, в основном карбонатное, осадконакопление, а терригенное разбавление практически сведено к нулю, иногда слабо проявляясь в виде незначительной примеси эолового материала.

Климатическая зональность, напротив, является одним из ведущих факторов, определяющих особенности морфолитогенеза на подводных горах. Наиболее мощные осадочные тела сформированы на горах тропической области Мирового океана. Здесь доминирует коралловый морфолитогенез. Мощность шапок рифогенных коралловых известняков, надстраивающих подводные горы, может превышать полтора километра (например, атолл Эндиветок, Тихий океан). Рифогенные коралловые известняки слагают вершины большинства подводных гор Мирового океана в низких широтах [4, 5, 15, 18].

В субтропических и умеренных широтах коралловые постройки сменяются мшанковыми и водорослевыми. Последние также представляют собой литифицированные рифогенные образования, однако их скорость роста, и, следовательно, мощность существенно уступают коралловым.

И, наконец, полярные и субполярные широты характеризуются отсутствием рифогенной седиментации. Здесь преобладают пелагические осадки со значительной примесью ледово-айсбергового материала. Но и они часто уплотняются на субгоризонтальных подводных поверхностях до заметной твердости, бронируя вершины и склоны гор.

Коралловый морфолитогенез тропических широт. Большинство гайотов тропических частей Тихого, Индийского и Атлантического океанов представляют собой древние коралловые постройки со срезанными абразией вершинами [4, 5, 8]. Мощность «шапок» рифогенных известняков, как было отмечено выше, может быть очень значительна.

Для формирования мощной коралловой постройки необходим ряд условий, прежде всего:

- вода должна быть прозрачна и хорошо прогрета;
- основание коралловой постройки должно погружаться, при этом скорость этого погружения не должна быть слишком высокой, позволяя вновь нарастающему коралловому рифу компенсировать опускание.

Как было показано ещё Ч. Дарвиным, морфология атоллов может служить надёжным палеотектоническим индикатором, чутко реагирующим на тектонические движения дна океана. При этом [8, 9, 10] атоллы как бы образуют единые морфогенетические ряды, отражая тем самым тенденцию их оснований к погружению или поднятию [8, 9, 10].

Первый ряд — это острова, развивающиеся при погружении земной коры. В этот ряд входят вулканические острова с окаймляющим рифом, вулканические острова с барьерным рифом, атоллы с вулканическим ядром, нормальные атоллы (типа атолла Фунафути в группе о-вов Эллис). Под последними понимаются такие атоллы, основание которых испытывает нормальное, не препятствующее росту кораллов, погружение (порядка 1300 м в течение кайнозоя). Далее следуют существенно погружающиеся атоллы — морфологически они отличаются от нормальных почти полным отсутствием островных элементов (типа атолла Суворова). Ряд завершается погружёнными атоллами, представляющими собой банки с глубиной 20 и более метров, которые уже являются реликтовыми образованиями (например, банка Робби).

Другой генетический ряд образуют океанические острова, развивающиеся при поднятии земной коры. Этот ряд начинается с нормального или слабо поднимающегося атолла (типичный а. Бутаритари в группе островов Гилберта), с широким развитием островов по периферии и явным признаком обмеления лагуны. Далее следуют поднимающиеся атоллы (типа Гарднер в группе Феникс), которые отличаются распространением островного барьера практически на всю периферию атолла и наличием мелководных лагун, практически утративших связь с океаном. Следующий тип — существенно поднимающиеся атоллы. Высота их обычно более 1,5—5 м, т.е. величины, нормальной для большинства атолловых островов. Лагуна отсутствует, вместо неё сохранилось лишь реликтовое озеро, занимающее обычно центр острова (например, о. Сидни в группе Феникс).

Завершает ряд поднятый атолл, сохранивший черты бывшего атолла лишь в «ископаемом» состоянии [9]. Его высота может превышать 60 м.

Морфологическую классификацию, разработанную О.К. Леонтьевым и др., вполне можно применить и к древним коралловым постройкам [4]. Как уже подчёркивалось нами, большинство подводных гор тропических широт надстроены мощными шапками рифогенных известняков. В настоящее время процесс роста коралловых рифов на этих горах прекратился. Однако, пользуясь принципом актуализма, можно воссоздать этапы становления древних коралловых построек и, как следствие, установить основные закономерности формирования рельефа подводных гор и определить роль осадочного процесса в рельефообразовании.

Приведем несколько примеров древних коралловых построек.

Хребет Наска — одно из крупнейших глыбово-вулканических сооружений юго-восточной части Тихого океана. Наиболее высокие подводные горы района являются гайотами, образовавшимися в результате абразионного выравнивания миоценовых коралловых построек [4].

Согласно основным положениям классификации О.К. Леонтьева и др. [8, 9, 10], гайоты Профессора Месяцева и Эклиптика пережили абразионную переработку на стадии атолла с вулканическим ядром, о чём свидетельствуют незначительные, по сравнению с общей, площади вершин гайота и размеры вулканических останцов. На доабразионной стадии эти подводные горы были близки к островам архипелага Фиджи (Вуамбалаву, Онсата и др.) и Каролинским (о-в Трук). Все остальные подводные горы хребта Наска были абрадированы на стадии нормальных атоллов. Субаэральный этап развития, в течение которого подводные горы подверглись абразии, эрозии и химическому выветриванию, привёл к тому, что большинство из них лишилось основных морфологических черт атоллов — лагуны и кольцевого рифа (реликты кольцевого рифа сохранились лишь в юго-восточной части вершины горы Профессора Месяцева).

В настоящее время гайоты хребта Наска сохранили в своём рельефе все признаки поднятых атоллов и по своим геоморфологическим особенностям близки к о-вам Науру и Ниуэ. Эти острова сложены коралловыми известняками, но практически не сохранили морфологических черт атоллов из-за многократной перестройки рельефа.

Таким образом, современный рельеф хребта Наска — результат сложного взаимодействия эндогенных и экзогенных факторов: тектонических движений, вулканизма, кораллового морфолитогенеза, абразии, эрозии и др. Однако, есть все основания полагать, что ведущим фактором гайотообразования здесь являлся коралловый морфолитогенез. Нестойкость рифогенных известняков к абразии и химическому выветриванию привела к относительно быстрой нивелировке и формированию абразионных поверхностей выравнивания — террас и плоских вершин гайотов. Процессы древнего (миоценового) морфолитогенеза во многом предопределили особенности последующего морфогенеза.

Не менее ярко коралловый морфолитогенез проявлен на подводных горах Северо-Западного (Императорского) хребта — цепи изолированных и полуизолированных вулканических подводных гор, ориентированной в северо-западном направлении. Практически все подводные горы хребта являются гайотами. Однако происхождение их различно.

Подводные горы северной части хребта представляют собой крупные щитовые вулканы. Мощность карбонатных отложений на их вершинах и склонах незначительна. На плоских вершинах подводных гор Суйко, Нинтоку, Джингу и Оджин обнажаются щелочные базальты, иногда сильно изменённые (вплоть до формирования латеритовых кор выветривания). На склонах этих подводных гор встречаются обнажения мшанковых рифогенных образований, однако они мало мощны и существенного рельефообразующего значения не имеют.

Совершенно иное строение имеют гайоты южнее горы Лира (Милуокский узел подводных гор). Здесь расположены горы Коко, Кинмей и Милуоки. Они имеют двухъярусное строение. На базальтовом основании, в интервале глубин 1000—300 м, залегают мощные «шапки» рифогенных известняков. На горе Милуоки граница рифогенных известняков с базальтами расположена на 860 м в юго-восточной части горы и на 1000 м — в северо-западной. Максимальные глубины распространения известняков различаются на 400 м. Очевидно, что юго-западная часть горы относительно приподнята.

Базальтовое основание горы Милуоки сильно расчленено эрозионными V-образными ложбинами. Контакты известняков и базальтов чётко проявлены в рельефе. Известняки образуют отвесный, местами нависающий уступ высотой около 30 м. У основания уступа лежит субгоризонтальная терраса.

Основная особенность рельефа склона, сложенного рифогенными известняками, заключается в чередовании крутых уступов и разделяющих их выровненных слабонаклонных террас. Эрозионные формы, типичные для базальтового цоколя, в известняках не проявлены.

Юго-восточная вершина горы Милуоки имеет слабовыпуклый профиль и полностью лишена основных морфологических черт атоллов — лагуны и кольцевого рифа, вероятно, в результате существенной субаэральной перестройки рельефа. В этом отношении она напоминает подводные горы южного блока хребта Наска. Северо-западная вершина сохранила в рельефе реликты древней лагуны. Вероятно, время абразионной переработки северо-западной вершины было менее длительным, чем юго-восточной, из-за более проявленной тенденции к погружению.

Анализ фактического материала позволяет считать гору Милуоки двувершинным гайотом, образовавшимся в результате абразии древней коралловой постройки. По всей вероятности, гора подверглась абразионной перестройке рельефа на стадии нормального атолла, хотя находки базальтовой гальки на её вершине допускают и возможность наличия незначительного по размерам фрагмента вулканического ядра.

Нами по возможности подробно разобраны примеры двух горных сооружений, рельеф которых претерпел существенные изменения в результате кораллового морфолитогенеза. Аналогичные данные у нас имеются и по многим другим районам тропической зоны Мирового океана — это хребты Маскаренский, Мальдивский, Западно-Индийский, Экватор [15] (Индийский океан), Угловое поднятие, хребты Китовый и Вавилова (Атлантический океан), практически все горы архипелагов Микронезии и Полинезии, поднятие Маркус-Неккер, Гавайский хребет и многие другие положительные структуры [18]. Рельефообразующее значение коралловых рифов необходимо учитывать при детальном геоморфоло-

гических и палеогеографических исследованиях. Без этого невозможно правильно понять этапность и направленность формирования рельефа подводных гор.

Коралловый морфолитогенез имеет весьма существенное значение при превращении подводной горы в гайот. На ранних стадиях развития коралловой постройки (вулканический остров с окаймляющим рифом, остров с барьерным рифом) кольцевой коралловый риф служит волнорезом, предохраняющим вулканическое ядро от абразионного воздействия. На поздних стадиях (атолл с вулканическим ядром, нормальный атолл) коралловая постройка, наоборот, является благоприятным базисом для формирования абразионных поверхностей выравнивания. При этом достаточно относительно непродолжительного этапа, чтобы сnivelировать основные формы рельефа атолла (лагуна и кольцевой риф). Погружение известнякового острова с выровненной вершиной (кстати, типичное для большинства положительных структур океана) приводит к образованию типичного гайота, сформированного в результате кораллового морфолитогенеза и абразии.

Морфолитогенез на подводных горах субтропических и умеренных широт. В субтропических и умеренных широтах вследствие низкой температуры воды коралловый морфолитогенез теряет своё рельефообразующее значение. Тем не менее, мощность литифицированных карбонатных отложений на подводных горах всё ещё весьма значительна. В составе известняковых толщ доминируют мшанковые и водорослевые рифогенные фации, а также литифицированные планктонные, планктонно-бентосные и бентосные осадки.

В наиболее «чистом» виде мшанковые рифы присутствуют на подводных горах северной части Императорского хребта (Суйко, Нинтоку, Джингу, Оджин). Древние окаймляющие рифы мшанкового происхождения формируют обширные террасы на склонах гайотов. Однако они значительно уступают коралловым постройкам по скорости роста, и, естественно, имеют гораздо меньшее рельефообразующее значение.

На подводных горах Азорского региона, по всей вероятности, имеет место переслаивание мшанковых и водорослевых известняков с планктоногенными осадками. Известняковые толщи здесь включают прослои конгломератов, состоящих из хорошо окатанной базальтовой гальки, цементированной карбонатным цементом. Наиболее мощные «шапки» известняков залегают на подводных горах Южно-Азорского поднятия (горы Платона), а также на поднятиях, обрамляющих трог Кинга (444-А, Антиалтаир). Большинство этих гор является гайотами, причём степень выравниваемости вершины, как правило, зависит от глубины и размеров гайота. Так, крупнейшие горы региона — Грейт-Метеор и Эрвинг имеют хорошо выровненные вершины, лежащие на глубинах 300 и 240 м. Вершины остальных, более мелких подводных гор выровнены слабее и находятся на больших глубинах. Некоторые подводные горы (Крузер, 444-А) являются гайотами лишь частично в связи с своей сильной тектонической раздробленностью.

Несмотря на полигенетическое происхождение, известняковые толщи подводных гор субтропических и умеренных широт по своему влиянию на рельеф подобны типичным коралловым известнякам. Здесь можно проследить те же стадии формирования рифогенных построек — окаймляющий риф, барьерный риф, атолл с вулканическим ядром и нормальный атолл. Так же, как и на коралловых

рифам, зрелая стадия формирования рифогенных построек здесь благоприятствует превращению подводной горы в гайот. К тому же, по своим водно-физическим свойствам карбонатные толщи умеренных широт весьма сходны с типичными рифогенными известняками. В них вырабатываются те же формы рельефа — абразионные уступы, террасы, эрозионные ложбины, карстовые воронки и др.

В качестве типичных примеров влияния рифогенных образований на рельеф можно рассмотреть подводные горы Ампер и Жозефин [6]. Склоны горы Ампер сложены разнообразными базальтоидами, на которых залегают литифицированные осадочные образования — известняки и конгломераты. Однако мощность этих отложений незначительна, они не образуют сплошного покрова, часто выклиниваются по простиранию. В связи с этим выходы известняков и конгломератов плохо коррелируются даже на двух смежных разрезах, не говоря уже о разрезах противоположных склонов.

Вершину горы Ампер обрамляет окаймляющий мшанково-водораслевый риф. Он образует обширную террасу, лежащую на глубинах 160—100 м. Над выровненной поверхностью террасы возвышаются фрагменты вулканического ядра, имеющие резко расчленённый, контрастный рельеф. Характерны как гряды и стенки (результаты трещинного излияния лав), так и отдельные выступы коренных пород, представляющие собой, вероятно, интрузивные тела типа штоков или эрозионные останцы.

Иная морфология вершины характерна для горы Жозефин, мощность карбонатных отложений на которой значительно больше. Это уже типичный гайот с крутыми склонами и плоской, слегка выпуклой вершиной, наклонённой на север-северо-восток. Минимальная отметка глубин — 175 м — в южной части вершины.

По данным подводных исследований, вершина горы сложена в основном известняками. Лишь в районе осложняющего её небольшого скального гребня обнажаются тёмно-коричневые бугристые, сильно трещиноватые базальты. На известняковом плато обнаружены карстовые формы рельефа. В пределах вершины и склонов горы Жозефин широко проявлены реликтовые поверхности абразионного выравнивания. Террасы слабо наклонены в север-северо-западном направлении, в соответствии с общим уклоном вершинной поверхности, причём наиболее чётко проявлена террасированность верхних частей склонов и вершины в диапазоне глубин 400—200 м. Гора Жозефин является гайотом, образовавшимся в результате абразии слагающих её верхнюю часть литифицированных карбонатных отложений. Морфологическое отличие вершин гор Ампер и Жозефин определяется прежде всего большей мощностью известняков на последней. Гора Ампер прошла в своём развитии стадию вулканического острова с окаймляющим рифом, а гора Жозефин — более зрелую стадию, вероятно, атолла с вулканическим ядром.

Здесь следует отметить наличие известняковых шапок на многих плосковершинных подводных горах Северной Атлантики. Например, плоские вершины гор Новой Англии, увенчанные мощными шапками мелководных известняков, лежат сегодня на глубинах от 904 (гора Грегг) до 1599 м (гора Кельвин), гор Милн и Гаусс — 1880—2800 м. Миоценовые мелководные известняки выявлены на возвышенности Поркьюпайн, горах Азоро-Бискайского хребта и континентальной

окраины Португалии (Горы Галисия, Васко де Гама, Виго), Центральной Атлантики (горы Крылова, Пипсбери, А-156, А-003), и многих других. Многочисленные находки рифогенных известняков на подводных горах Центральной и Южной Атлантики подтверждают возможность существования трансокеанических континентальных мостов [18, 19].

Морфолитогенез на подводных горах субполярных и полярных широт. Одной из основных особенностей морфолитогенеза на подводных горах полярных и субполярных широт является резкая деградация рифогенных комплексов и существенное увеличение в составе осадков ледово-айсбергового материала. По нашим данным, плейстоценовая палеогеографическая граница ледово-айсбергового разноса находится в районе горы Антиалтаир (40° с.ш.), севернее которой на вершинах подводных гор в изобилии встречаются развалы валунно-галечного материала ледникового происхождения.

Отсутствие рифогенных образований, вероятно, является одной из причин отсутствия мощных «шапок» карбонатных пород на подводных горах полярных и субполярных широт. Карбонатные отложения, по данным подводных исследований, имеют незначительную видимую мощность (до 5 м), хотя это может быть связано и с молодостью подводных гор, на которых проводились наши исследования. На древних структурах, особенно на крупных гайотах, мощность карбонатных отложений может быть более значительной. Тем не менее, практически все осадочные образования, которые были обнаружены нами на подводных горах полярных и субполярных широт, литифицированы. Количество рыхлых осадков крайне незначительно, вероятно, по причине сильных придонных течений и значительной крутизны склонов подводных гор.

Показательным примером особенностей морфолитогенеза на подводных горах полярных и субполярных широт могут служить данные о влиянии осадочных образований на рельеф хребта Рейкьянес. В совместных экспедициях ИГН АН УССР и ПИНРО детальные геоморфологические исследования велись на горах Хекате, Надежда, Пингвин, Горбатая, Эврика, Лабиринт, Золотой хребет, Миния, Добрая и других. В генетическом аспекте в основном это вулканы трещинного типа или массивные блоки ультрабазитов, возникшие в обстановке регионального растяжения при формировании рифтогенального хребта Рейкьянес. На вершинах и склонах подводных гор в изобилии встречены развалы псефитов ледово-айсбергового происхождения и обнажения осадочных пород — известняков и конгломератов. Оказалось, что псефитовый материал на склонах подводных гор распределён крайне неравномерно, образуя высокие гряды, вытянутые параллельно изобатам. Развалы гальки, валунов и глыб разделены довольно протяжёнными участками склонов, на которых обломочный материал вообще отсутствует. Иногда псефиты сцементированы карбонатным материалом, образуя характерные конгломератовидные породы. Следует отметить хорошую выдержанность валунно-глыбовых гряд по простиранию и удовлетворительную корреляцию их уровней на различных подводных горах. При этом наиболее крупные скопления псефитов, как правило, приурочены к глубинам 1200 и 1000 м. По нашему мнению, развалы валунно-галечного материала маркируют древние береговые линии — в волноприбойной зоне происходило активное вытаивание эрратического материала из льда, прибитого к берегу. Активная волноприбойная деятельность

способствовала перераспределению материала по гранулометрическим классам, что проявилось в уменьшении размеров псефитов от глыб и валунов до мелкой гальки и гравия по мере удаления от осевой части гребней. Мы полагаем, что грубообломочный материал имеет возраст не древнее раннего плейстоцена и что его максимальный привнос происходил во время четвертичных оледенений.

Классические осадочные комплексы подводных гор полярных и субполярных широт проявлены на горе Горбатая. На её западном склоне маршрутной съёмкой в диапазоне глубин 1200—820 м была обнаружена система гребней и террас, ориентированная в соответствии с простираем изобат. Гребни имеют высоту от 1 до 40 м, ширину от 7 до 100 м и среднюю крутизну склонов 20°. Их поверхность покрыта валунно-галечными развалами. Местами крутизна склонов гряд увеличивается до 50—90°, где, как правило, обнажаются рыжевато-серые базальты с глыбово-шаровидной отдельностью либо конгломераты. Выходы конгломератов имеют форму уступов с нависающими козырьками в верхней части и нишами в основании, или же отдельно расположенных останцов (кекуров?) размером 4×4×3 м. Протяжённость гребней различна, но надо отметить, что их восточные склоны круче, чем западные.

Гребни отделены друг от друга субгоризонтальными террасами, сложенными белыми и светло-серыми известняками, реже — гравелитами. Широко распространены карстовые формы рельефа в виде воронок диаметром до 1 м и глубиной до 30 см. Валунны и глыбы на поверхности террас практически отсутствуют. Средняя ширина террас — 20 м, максимальная — 100 м. Интересно, что бентосные организмы в основном обитают на гребнях. Здесь в изобилии встречены разнообразные кораллы, губки, морские ежи, моллюски. Выровненная поверхность террас практически безжизненна. Таким образом, на подводных горах низких широт господствует ледово-айсберговый морфолитогенез.

Вторичные наложенные процессы на подводных горах Мирового океана и их влияние на морфолитогенез. В литологическом аспекте понятие «наложенные процессы» предусматривает широкий круг явлений, которые накладываются на нормальный седиментационный цикл [1], различным способом оказывая влияние на осадок и осадочные породы. К таким явлениям относятся хорошо изученные гипергенез и гальмиролиз (регрессивный эпигенез), вызывающий разрушение ранее сформированных минеральных комплексов за счёт энергии экзогенных реакций. Однако в условиях седиментации в открытом океане ведущее значение в процессах преобразования уже сформированных осадочных толщ принадлежит наложенным процессам, связанным с воздействием на осадочный комплекс потоков флюидов, с которыми в осадочную толщу и придонную воду поступают дополнительные количества минерального вещества и энергии. При этом происходит частичная или полная асидемтационная трансформация исходного вещества, формируется специфический комплекс аутигенных минералов или новообразований, генезис которых не связан непосредственно с седиментогенезом.

В местах поступлений глубинных эксаляций и гидротерм процессы мобилизации и трансформации вещества получают дополнительный энергетический импульс, который во много раз увеличивает скорость их протекания, а также определяет тип наложенной минерализации и формы её фиксации в осадочном чехле.

Наложённые эндогенные процессы могут вызвать эпигенетические изменения осадочных образований на любой стадии существования осадочных пород, включая седиментогенез (сингенез), что значительно затрудняет чёткое выделение стадий седиментационного цикла и асидементационных изменений [1].

Следует отметить, что генетически глубинные флюиды достаточно разнообразны, однако ведущую роль играют эндогенные источники. Выделяют три типа таких поступлений — открытый, гидротермально-пневманолитовый и закрытый [1].

За пределами рифтогенальных хребтов, на асейсмичных глыбовых, глыбово-вулканических и вулканических горных сооружениях действует в основном низко-температурный («закрытый», по В.Х. Геворкьяну) тип эндогенных поступлений. Тектонически малоактивные в настоящее время, эти морфоструктуры заложены по долгоживущим глубинным разломам. Вулканические, глыбово-вулканические и глыбовые хребты, как правило, являются морфологическим проявлением на поверхности Земли «сквозных структур» [16]. При этом наиболее крупные горные сооружения, сформированные в результате многократной тектоно-магматической активизации, в основном расположены на стыке двух или более глубинных разломов, т.е. в тектонических узлах.

Приуроченность асейсмичных хребтов к зонам глубинных разломов [13, 14, 16] определяет более высокое, чем на сопредельных котловинах, поступление эндогенного вещества. Это находит отражение в высокой активности вторичных наложенных процессов на подводных горах и поднятиях — формирование мощных железо-марганцевых корок, фосфатизации, доломитизации.

Данные визуальных наблюдений с борта ПА «Север-2» показали, что вторичные изменения горных пород, часто сопровождающиеся оруденением, закономерно приурочены к зонам тектонических нарушений. Например, на подводных горах хребта Наска и Южно-Азорского поднятия рудное вещество концентрируется непосредственно в зонах трещиноватости. При этом формируются своеобразные гребневидные формы рельефа, отличающиеся по цвету и плотности от вмещающих пород.

На хребте Наска на вершине горы Профессора Месяцева на контакте известняков со щелочными гипербазитами сформирована протяженная зона экзоконтактовых изменений, проявленная в виде алюмофосфатного метасоматоза известняковой толщи. По периферии вершины, за пределами контактовой зоны, а также на вершинах других подводных гор хребта Наска, наиболее интенсивная фосфатизация известняков связана с зонами трещиноватости [4].

Формирование железо-марганцевых корок на известняках также имеет чёткую структурную приуроченность. Часто оруденение связано только с зонами трещиноватости, при этом чёрные породы, которыми залечены трещины, отчётливо выделяются по цвету на фоне серых вмещающих известняков. При более интенсивном привносе эндогенного материала конечной формой концентрации рудных компонентов является формирование сплошных железо-марганцевых покровов.

Мощные железо-марганцевые корки были обнаружены нами на Угловом поднятии. Например, на горе «Безнадёжная» выявлена протяжённая зона тектонического нарушения шириной 2—3 м. Гидротермально изменённые породы образуют линейный гребень, выступающий над поверхностью дна на 1,5—2 м. Породы, слагающие гребень, покрыты мощной марганцевой коркой, отдельные

фрагменты которой отслаиваются от основной массы породы в виде огромных чешуй (2×5 м). Иногда почковидные иссиня-чёрные корки образуют отдельные «лепёшки» размером от 0,2 до 3 м². Почти повсеместно известняки перекрыты коричневато-бурой коркой. Визуальные наблюдения показывают, что транспортировка рудного вещества осуществлялась в основном по линейным зонам тектонических нарушений. В ряде случаев подводящими каналами служили трубообразные тела, вероятно, заложенные на пересечении трещин различных генераций. Эти процессы привели к формированию как ориентированных линейно, так и изометричных участков избирательного омарганцевания.

Данные о приуроченности железо-марганцевых корок к определённым направлениям разломной сети нашли подтверждение в результатах работ на многих положительных структурах Мирового океана. Так, на горе Экватор (Индийский океан) [15] установлена явная связь развития конкреционно-корковых образований с зонами тектонических нарушений. Материалы погружений на подводных горах Императорского хребта также свидетельствуют в пользу выборочного омарганцевания по линейным зонам определённых направлений.

Развитие конкреционно-корковых образований в пределах асейсмичных хребтов — районов со стабильным тектоническим режимом — подчёркивает специфичность для асейсмичных структур эндогенных проявлений, которые в основном связаны с закрытым типом поступления глубинного вещества.

В результате воздействия реакционноспособных флюидов осадочные породы подводных гор претерпевают довольно сильные изменения. В тропических областях, где коралловые известняки изначально литифицированы, характерны интенсивная перекристаллизация, доломитизация и формирование железо-марганцевых корок. Вторично изменённые породы образуют своеобразный «шит», препятствующий разрушению карбонатных образований, и способствуют к консервации рельефа подводных гор. При этом часто формируются новые формы рельефа — своеобразные столообразные возвышения, с глубокими нишами в их основаниях, обрамлённые острыми нависающими козырьками. Как и на суше, они также связаны с выветриванием горных пород, подстилающих прочные бронирующие горизонты.

Вторичные изменения мшанково-водорослевых рифогенных образований в принципе те же, что и в коралловых известняках. Наиболее существенное влияние наложенные процессы оказывают на седиментационные изменения изначально рыхлых планктогенных и бентогенных осадков. Под влиянием воздействия флюидов происходит быстрая, возможно, сингенетичная литификация этих образований. В связи с этим на подводных горах залегают в основном литифицированные породы, в то время как на сопредельных участках океанического дна — их рыхлые, неконсолидированные возрастные аналоги. Быстрая литификация осадка препятствует размыву осадочных толщ и является благоприятным фактором для формирования мощных «шапок» карбонатных пород. Иногда, вследствие невысокой активности подтока флюидов, литифицируется не вся толща осадков, а лишь поверхностные горизонты. В этом случае под бронирующими известняковыми корками залегают неконсолидированные, рыхлые карбонатные осадки. Такое явление неоднократно наблюдалось на подводных горах Центральной Атлантики и Индийского океана.

Следует особо подчеркнуть, что литифицированные карбонатные отложения по своему влиянию на рельеф подводных гор похожи на рифогенные образования. При этом можно проследить тот же морфогенетический ряд, что и для типичных коралловых построек — окаймляющий риф, барьерный риф, атолл с вулканическим ядром и нормальный атолл. Переслаивание литифицированных пелагических осадков с рифогенными образованиями умеренных широт не позволяет чётко выделить «рифогенный» и «пелагический» морфолитогенез. Вторичные наложенные процессы часто приводят к полной перекристаллизации и потере первичной структуры карбонатных отложений, что окончательно сближает «рифогенные» и «нерифогенные» (обломочные, бентогенные, планктогенные) образования.

Среди сложного взаимодействия эндогенных и экзогенных факторов рельефообразования подводных гор Мирового океана одним из ведущих является морфолитогенез, что в первую очередь определяется высокими скоростями осадконакопления.

Однако при изучении процессов морфолитогенеза нельзя их рассматривать обособлено, т.к. они, в свою очередь, зависят от интенсивности и знака тектонических движений дна океана, активности вулканических и поствулканических процессов. Морфолитогенез на подводных горах Мирового океана — исключительно сложное явление, для правильного понимания которого необходим учёт всего комплекса литогенетических и морфогенетических факторов.

Основной особенностью осадконакопления на подводных горах является быстрая цементация осадка, в связи с чем здесь залегают в основном литифицированные породы, в то время как в сопредельных котловинах — преимущественно рыхлые разновозрастные и более древние осадки.

Следует отметить, что литифицированные карбонатные породы залегают не только на подводных горах тропических и умеренных широт (коралловые и мшанково-водораслевые рифы), но и доминируют в составе осадочных комплексов подводных гор бореальных областей. Известняки подводных гор, как правило, сильно перекристаллизованы, часто до потери первичной органогенной структуры. Они подвергались различным вторичным изменениям — ожелезнению, омарганцеванию, доломитизации, фосфатизации.

По направлению от тропических широт к бореальным мощность толщ литифицированных карбонатных образований уменьшается. Однако они по-прежнему преобладают по сравнению с рыхлыми осадками и продолжают, наряду с эрратическим материалом, оказывать существенное влияние на морфологию подводных гор. Обилие литифицированных осадочных пород на подводных горах отражает специфические условия вторичных изменений донных отложений, связанных с подтоком флюидов. Последние резко меняют геохимические свойства осадков и придонной воды и ведут к быстрой литификации, перекристаллизации и аутигенному минералообразованию. Наиболее интенсивное влияние вторичных наложенных процессов связано с зонами тектонических нарушений.

Литифицированные карбонатные осадки подводных гор умеренных и высоких широт образуют формы, аналогичные типичным коралловым рифам тропиков. Как правило, образование известняков происходило в мелководных условиях. Особенно мощные толщи карбонатных пород образуются при компенсации

осадконакоплением погружения оснований подводных гор. При этом здесь можно проследить тот же морфогенетический ряд, что и на типичных коралловых постройках — окаймляющий риф, барьерный риф, атолл с вулканическим ядром и нормальный атолл. При этом полное перекрытие вулканического ядра карбонатной шапкой (стадия нормального атолла) может способствовать превращению подводной горы в гайот, формированию абразионных поверхностей выравнивания — террас [4, 12, 15]. И, наоборот, окаймляющий риф, играя роль волнореза, предохраняет вулканическое ядро от разрушительного действия абразии. В карбонатных породах, менее стойких к выветриванию, чем вулканисты, обычно широко развит комплекс абразионных, эрозионных и карстовых форм рельефа.

Выводы

1. Морфолитогенез — один из важнейших факторов формирования и последующей эволюции рельефа подводных гор (морфогенеза). При этом биогенный морфолитогенез является фактором, благоприятствующим формированию плоских вершин гайотов и абразионных террас.

2. Морфолитогенез наиболее широко проявлен на подводных хребтах и поднятиях, генетически связанных с зонами долгоживущих глубинных разломов.

3. Процессы морфолитогенеза развиты во всех широтах, чётко подчиняются климатической зональности и специфичны для тропических, субтропических, умеренных и бореальных областей.

4. Важную роль в формировании толщ литифицированных отложений играют вторичные наложенные (гидротермально-эксталятивные) процессы. Мощные фосфоритовые и железо-марганцевые корки формируют бронирующие горизонты, что способствует консервации рельефа подводных гор.

5. Районы активного развития морфолитогенеза указывают на положение зон поступления глубинного вещества — долгоживущих глубинных разломов. Они позволяют на фоне изучения линеаментных сетей прогнозировать поиск рудоносных участков подводных хребтов и поднятий, специфичных для каждого горного сооружения,

6. Литифицированные шапки мелководных известняков повсеместно развиты на плоских вершинах и террасах подводных гор структур различного генезиса всех районов Мирового океана. Системные находки этих образований на средних и больших глубинах океана и на разных отметках в пределах одного горного сооружения однозначно указывают на важнейшую роль вертикальных блоковых тектонических движений в формировании литосферы Океана.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Геворкьян В.Х., Чугунный Ю.Г., Сорокин А.Л., и др. Геологические аспекты биологической продуктивности океана. — Мурманск, ПИНРО, 1990. — 192 с.
2. Геворкьян В.Х., Иванов В.Е. Особенности морфолитогенеза на подводных горах Мирового океана. // Геология морей и океанов. Тез. докл. 9 Всесоюзной школы морской геологии. Том 1. — М., 1990. — С. 32—33.
3. Деменецкая Р.М., Гордонницкий А.М., Каминский В.Д., Литвинов Э.М. Подводные горы (проблемы геофизического изучения) М. : Недра, 1978. — 163 с.
4. Иванов В.Е., Геворкьян В.Х. Особенности геологического строения и геоморфологии хребта Наска (юго-восточная часть Тихого океана. // Геол. Журнал. — 1988. — № 4. — С. 94—103.

5. Иванов В.Е., Ломакин И.Э., Сорокин А.Л., Морозенко В.Р. Геоморфология подводных гор Углового поднятия (Северная Атлантика) // Геоморфология. — 1989. — №3. — С. 17—25.
6. Иванов В.Е., Малахов В.П., Морозенко В.Р. и др. Геологическое строение подводных гор Ампер и Жозефин по данным подводных исследований. // Комплексное изучение природы Атлантического океана: Тез. докл. 5-й областной конференции. — Калининград, 1989. — С. 97—98.
7. Ионин А.С., Медведев В.С., Павлидис Ю.А. Шельф, рельеф, осадки и их формирование. М. : Мысль, 1987. — 205 с.
8. Леонтьев О.К., Лукьянова С.А., Медведев В.С. Опыт применения морфолитогенического анализа коралловых рифов и гайотов для изучения вертикальных движений земной коры. // Колебания уровня Мирового океана и вопросы морской геоморфологии. М. : Наука, 1975. — С. 77—79.
9. 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.
10. Леонтьев О.К., Медведев В.С. Эволюция атоллов Тихого океана. // Природа, 1972. — № 39.
11. Лисицын А.П. Осадкообразование в океанах. М.: Наука, 1974. — 435 с.
12. Ломакин И.Э. Террасы подводных гор и некоторые вопросы тектоники дна Индийского океана // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. — 2009. — № 1. — С. 5—15.
13. Ломакин И.Э. Линеаменты дна Атлантического океана. // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. — 2012. — №2. — С. 5—24.
14. Ломакин И.Э. Линеаменты дна Индийского океана. // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. — 2009. — №1. — С. 5—15.
15. Ломакин И.Э. Особенности геологического строения хребта Экватор (Индийский океан) // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. — 2009 — №2. — С. 54—68.
16. Ломакин И.Э., Иванов В. Е., Кочелав В.В. Линеаменты дна океана и сквозные сируктуры. // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. — 2011 — №4. — С. 30—46.
17. Симонов Ю.Г., Конищев В.Н., Лукашов А.А. и др. Учение о морфолитогенезе и его место в географической науке. Исторические аспекты. // Вестник МГУ, сер. 5, география, 1998. — № 4. — С. 41—48.
18. Удинцев Г.Б. Рельеф и строение дна океанов. — М. : Недра, 1987. — 240 с.
19. Хосино М. Морская геология. — М. : Недра, 1986. — 432 с.

Статья поступила 25.09.2012

I.E. Lomakin, V.E. Ivanov

МОРФОЛИТОГЕНЕЗ НА ПІДВОДНИХ ГОРАХ СВІТОВОГО ОКЕАНУ.

Морфолитогенез — один з найважливіших чинників формування рельєфу дна Світового океану. Він добре проявлений як в тропічних, так і бореальних широтах. Потужність і масштабність процесів явно контролюється загальногеологічною та тектонічною обстановкою кожного конкретного регіону.

Ключові слова: геоморфологія океанічного дна, тераси, морфогенез, підводні гори, вертикальні рухи.

I.E. Lomakin, V.E. Ivanov

MORPHOLITHOGENESIS ON SEAMOUNTAINS OF THE WORLD OCEAN

Morpholithogenesis — one of the most important factors in formation of ocean floor relief. It is perfectly expressed both in tropical and boreal latitudes. Power and scope of processes are explicitly controlled by general geological and tectonic setting in each particular region.

Keywords: submarine geomorphology, terraces, morphogenesis, submarine ridges, vertical moves.