

Работы студентов

УДК 551.214(265)

**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГАЙОТОВ ИТА-МАЙТАИ И ИОАН  
(МАГЕЛЛАНОВЫ ГОРЫ)**

© 2003 Д.Р. Акманова

*Камчатский государственный педагогический университет, 683032, Петропавловск-Камчатский, Пограничная, 4; e-mail: nio@kgpu.kamchatka.ru*

Приводится сравнительная характеристика двух гайотов Магеллановых гор Ита-Майтаи и ИОАН. Несмотря на некоторое сходство эти постройки значительно отличаются друг от друга по своему строению и эволюции.

С начала 80-х годов прошлого столетия развернулось систематическое изучение рудоносности гайотов Западной Пацифики. Поводом явились находки на гайотах железомарганцевых образований, а именно конкреций и корок. Например, содержание кобальта в образцах корковых руд превышает 1%. При такой концентрации 1 гайот может дать десятки млн. тонн дефицитного металла. Поэтому корковые руды считаются одними из самых перспективных океанских руд (Вершинский, 1989).

Особенно большое скопление как железомарганцевых образований, так и кобальто-марганцевых руд и фосфоритов отмечено на гайотах Магеллановых гор.

Магеллановы горы представляют собой крупное подводное вулканотектоническое сооружение в Восточно-Марианской котловине (рис. 1). Они состоят из отдельных хребтов и поднятий, вытянутых в северной части в субширотном, а в южной части - в северо-западном направлениях. Длина хребтов 300-450 км, ширина 50-100 км, а относительная высота - 4500-5000 м. Над вершинами гор отмечены минимальные глубины 1170-1500 м. Подавляющее большинство подводных гор являются гайотами.

Цепь Магеллановых гор разделена на 2 части. Первая начинается с 10° с.ш. и имеет северо-западное простирание, и протягивается до 17° с.ш. В нее входят 3 системы, состоящие из нескольких сросшихся построек и 9 изолированных гор. Вторая часть прослеживается от 154° в.д. до Марианского желоба и имеет субширотное простирание. Одиночные постройки здесь отсутствуют (Богданов и др., 1990).

Внутри цепи Магеллановых не все гайоты одновозрастные. Подавляющая часть гайотов была

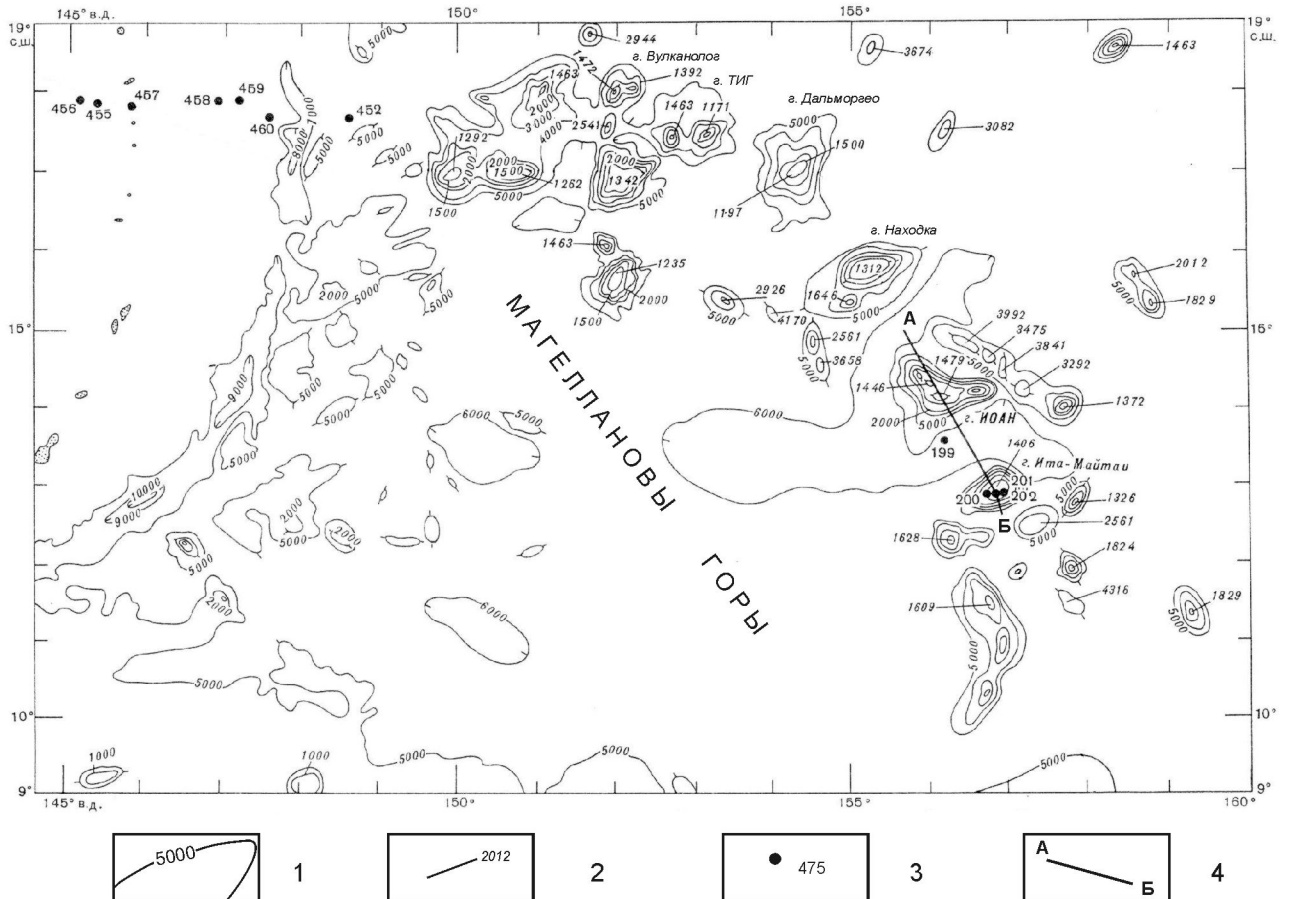
сформирована в середине мела (главным образом в апте ~ 119 млн. лет и, частично, в кампане ~ 84 млн. лет), хотя встречаются и более молодые вулканические постройки.

В районе Магеллановых гор изучение железомарганцевых корок началось в 1984-1988 гг. на научно-исследовательских судах АН СССР «Академик Александр Несмеянов» и «Академик Мстислав Келдыш». Наблюдения проводились с использованием подводных обитаемых аппаратов (ПОА) «Пайсис» (Андреев, 1989). Наиболее детально были изучены гайоты Ита-Майтаи и ИОАН (рис. 1).

Начало образования подавляющего большинства рудных корок на гайотах Ита-Майтаи и ИОАН произошло около 20 млн. лет назад (средний миоцен). Это время соответствует началу ледникового периода, с которым связано усиленное перемешивание воды в океане, увеличение биологической продуктивности океана, образования слоя кислородного минимума и начало широкого образования корковых руд на подводных горах. На гайотах Ита-Майтаи и ИОАН были обнаружены корковые руды и более раннего возраста ~ 100 млн. лет. Геологи объясняют это тем, что корки образовались при пересечении горами экваториальной области, где биопродуктивность была высокой на протяжении 100 млн. лет (Вершинский, 1989).

Железомарганцевые корки гайотов на 90% покрывают выходы коренных пород в пределах подводных горных сооружений в интервале глубин 1200-3500 м. Толщина корок изменяется в пределах от первых миллиметров до 24 см. По составу они от-

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГАЙОТОВ ИТА-МАЙТАИ И ИОАН



**Рис. 1.** Гайоты Магеллановых гор (Богданов и др., 1990 с дополнениями): 1 – изобаты; 2 – минимальные глубины; 3 – скважины глубоководного бурения; 4 – профиль представленный на рис. 2.

носятся к полиминеральным образованиям, основную роль в которых играют гидроксидные соединения железа и марганца (табл. 1).

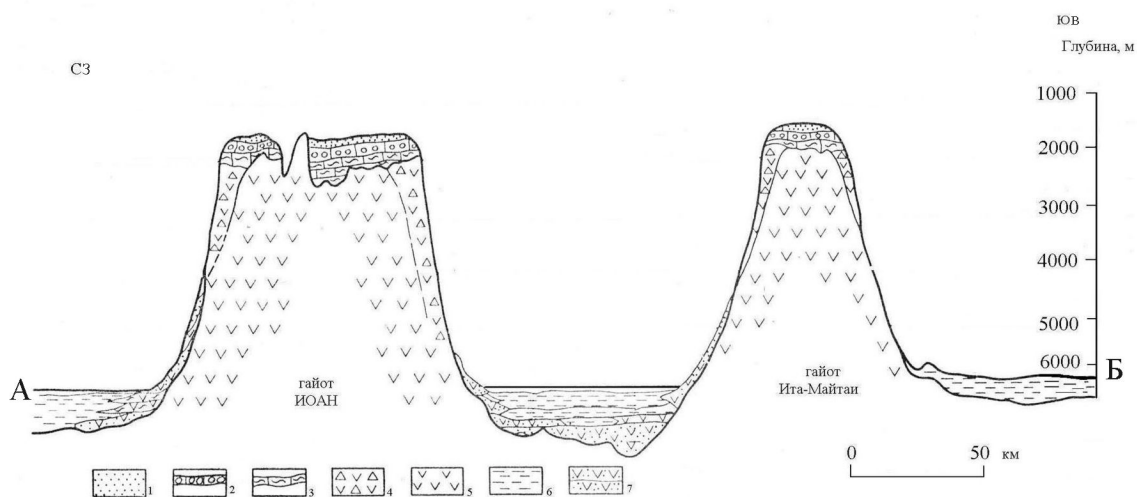
Характерной особенностью внутреннего строения корок является слоистость, отражающая после-

довательность накопления рудного вещества. Толщина корок находится в прямой зависимости от количества слоев, присутствующих в разрезе. Тонкие корки, мощностью до 3 см, однослойные, более мощные – сложены 2-3 слоями. Самые полные попе-

**Таблица 1.** Средний химический состав железомарганцевых образований гайотов Ита-Майтаи и ИОАН (Богданов и др., 1987), мас. %

Элемент	Железомарганцевые корки и конкреции		
	Ита-Майтаи (159 проб)	Западная постройка гайота ИОАН (180 проб)	Восточная постройка гайота ИОАН (37 проб)
Fe	13.5 (3.8)	12.7 (4.4)	12.4 (4.2)
Mn	18.9 (4.3)	17.8 (4.1)	17.4 (3.5)
Al	0.92 (0.59)	0.83 (0.79)	0.54 (0.33)
Si	3.7 (2.1)		3.3 (1.8)
Co	0.41 (0.18)	0.40 (0.16)	0.45 (0.17)
Ni	0.46 (0.16)	0.42 (0.14)	0.45 (0.14)
Cu	0.1 (0.028)	0.09 (0.0034)	0.1 (0.033)
Zn	0.083 (0.017)	0.072 (0.018)	0.073 (0.017)
Ti	0.83 (0.36)	0.78 (0.48)	0.73 (0.31)
Cr	0.007 (0.006)	0.007 (0.005)	0.004 (0.001)

Примечание: в скобках – среднеквадратичное отклонение.



**Рис. 2.** Геологический разрез гайотов ИОАН и Ита-Майтаи, Восточно-Марианский бассейн (Богданов и др., 1990): 1 – фораминиферовые илы; 2 – известняки; 3 – рифогенные известняки; 4 – базальтовые брекчии с карбонатным цементом; 5 – базальты; 6 – радиоляриевые илы, цеолитовые глубоководные глины, кремни; 7 – турбидиты с вулканогенным материалом, содержащие переотложенные рифогенные и оолитовые известняки.

речные срезы корок представлены 4-5 слоями. Наиболее кобальтоносными являются одно-двухслойные корки (0.59%) (Пуляева, 1999).

По данным (Богданов и др., 1990) существуют следующие условия формирования железомарганцевых корок на гайотах:

- 1) вулканическое сооружение с наклонными поверхностями на глубинах 1000-1500 м;
- 2) возраст субстрата подводных гор старше 18-20 млн. лет;
- 3) сильно развитые придонные течения;
- 4) отсутствие на вершинах рифовых конусов «рифогенных шапок»;
- 5) наличие зоны кислородного минимума;
- 6) устойчивый склон подводной горы;
- 7) отсутствие местного синхронного коркообразования вулкана;
- 8) низкие темпы осадконакопления в регионе.

**Гайот Ита-Майтаи** приурочен к области древнейшей океанической коры средне-позднеюрского возраста (Жулева, 1995) и имеет возраст образования в интервале от 113 до 120 млн. лет (табл. 2).

По форме гайот напоминает усеченный конус, возвышающийся над дном абиссальной равнины, расположенной на глубине около 6000 м, более чем на 4500 м (рис. 2).

Подножие гайота на глубине 5500 м образует эллипс размером по минимальной оси 60 км, а по максимальной – 90 км. Выположенная вершина

гайота (диаметр 25–30 км) расположена на глубине 1450–1500 м (минимальная глубина – 1406 м).

Вершина гайота до глубины 1500 м представляет собой относительно выровненное плато, которое переходит на западе-юго-западе в очень пологий склон, простирающийся до глубины 2200 м. В северном, восточном и южном направлениях вершинное плато сменяется пологим склоном, расположенным в интервале глубин 1500–1600 м и имеющим уклон около 5°. Вдоль края наиболее погруженной части склона, параллельно изобатам, протягивается небольшая гряда, возвышающаяся на 12–15 м над поверхностью склона. Глубже 1600 м крутизна склона возрастает до глубины 2000 м и, в среднем, составляет 15–17°. Основная часть склона, по наблюдениям из ПОА «Пайсис», сложена слоистой толщей известняков, залегающей положе, чем сам склон. Общая мощность отложений составляет первые десятки метров. Отдельные слои мощностью 20–30 см, а в отдельных случаях до 1 м, заканчиваются в более глубокой части почти вертикальными уступами, отвечающими по высоте мощности слоев. В результате, рельеф имеет ступенчатую форму.

В интервале глубин 2000–3500 м склон гайота характеризуется наибольшей крутизной. Средний угол падения составляет около 45°. Поверхность склона очень неровная. На глубине 3500 м крутой уступ сменяется пологим склоном, средний угол наклона которого между изобатами 3500–5500 м составляет только 10°. С глубиной склон заметно

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГАЙОТОВ ИОАН-МАЙТАИ И ИОАН

Таблица 2. Сравнительная характеристика гайотов ИОАН и Ита-Майтаи (Магеллановы горы)

Характеристика		Гайот ИОАН	Гайот Ита-Майтаи
Строение	Форма	Неправильная, состоит из 2-х слившихся построек	Усеченный конус
	глубина, м	вершина	1402
		основание	4500
Состав пород, слагающих постройку		В основании залегают базальты, выше - продукты их разрушения и грубообломочная толща, содержащая фораминиферы. Завершает разрез рыхлая толща осадков	В основании гайота залегают щелочные базальты; выше - продукты их разрушения (брекчии, конгломераты). Грубо-слоистые толщи известняков и рыхлые отложения завершают разрез
ЖМО		На обнаженных склонах (1500-2150 м) развиты железомарганцевые корки толщиной 5 – 30 см, а в понижениях от 3 – 5 до 30 – 60 см и железомарганцевые конкреции	На пологих участках склонов (1500-2000 м) развиты железомарганцевые корки толщиной 5 – 30 см, а в понижениях от 3 – 5 до 30 – 60 см и железомарганцевые конкреции
Прогнозные ресурсы, тыс. т		Кобальт – 434.8 Никель – 364.5 Марганец – 17245.0	Данные отсутствуют
Возраст, млн. лет	абсолютный	88.5 – 86.7	118 – 120
	по органическим остаткам	> 74.5	> 113
	по теоретическим расчетам	~ 100	> 110

Примечание. таблица составлена с использованием данных (Богданов и др., 1990; Задорнов и др., 1988; Koppers et al., 1998).

выполаживается и на глубине более 5500 м крутизна его составляет первые градусы. Переход от гайота к окружающей его абиссальной равнине постепенный (Богданов и др., 1990).

На вершине гайота было пробурено 3 скважины глубоководного бурения DSDP (скважины 200, 201, 202). Данные по скважинам свидетельствуют о том, что акустический фундамент, который лежит под раннеэоценовыми глобигериновыми песчаниками, представляет собой крепкий оолитовый известняк, образовавшийся при погружении бывшего острова. Залегающие ниже детритовые известняки являются лагунными отложениями. Это свидетельствует о том, что во время осадконакопления существовал барьерный риф (Богданов и др., 1990).

Гайот Ита-Майтаи слагают 4 комплекса геологических образований. Цоколь гайота образован щелочными базальтами. Породы 2 комплекса представлены продуктами разрушения вулканических

пород цоколя - конгломератами, брекчиями, песчаниками. Третий комплекс пород представлен слоистой толщей грубо детритовых известняков мощностью до 50 м, образовавшихся в результате разрушения рифовых построек. Он покрывает верхнюю часть склона до глубины более 2000 м. Четвертый комплекс представлен рыхлыми осадками, мощностью до 100 м.

В интервале глубин от 1500 до 2000 м северный, восточный и южный склоны гайота покрыты непрерывным плащом железомарганцевых образований толщиной от 10 см и более. Железомарганцевые корки уменьшаются в мощности на крутых уступах с углом наклона более 45° и в пределах небольших «промоин», которые заполнены тонким слоем (до 10 – 15 см) молодых четвертичных фораминиферовых песков. В «промоинах» широко развиты железомарганцевые конкреции. В интервале глубин 2000-2500 м рудные корки встречаются спорадически на отдельных поднятиях.

Понижения рельефа заполнены рыхлыми осадками, препятствующими формированию железомарганцевых корок. Глубже 2500 м рудные корки практически отсутствуют (Богданов и др., 1987).

Согласно (Богданов и др., 1990), история развития гайота Ита-Майтаи выглядит следующим образом:

- 1) вулканизм и формирование вулканической горы на океанском ложе – конец раннего мела;
- 2) разрушение вулкана и снос обломочного материала на абиссальную равнину – апт и альб;
- 3) выравнивание гайота и формирование рифа и окolorифовых фаций – конец раннего мела;
- 4) погружение гайота – поздний мел;
- 5) накопление рыхлой верхней осадочной толщи на вершине гайота.

**Гайот ИОАН**, образованный в интервале от 74.5 до 100 млн. лет (табл. 2), существенно отличается от гайота Ита-Майтаи как по морфологии, так и по составу твердого субстрата, на котором залегают окисные железомарганцевые образования.

Гайот имеет неправильную форму, что свидетельствует о том, что он сформирован не просто одиночным вулканом, а усложнен несколькими дочерними вулканическими аппаратами (рис. 2). Одними авторами (Богданов и др., 1990) выделен основной гайот, который включает в себя центральную часть и гряду северо-западного простирания, и гайот-сателлит, соединенный перемычкой с восточным склоном основного гайота. Другие авторы (Мельников и др., 1995) считают, что гайот ИОАН образован двумя сросшимися вулканическими постройками с различной ориентировкой длинных осей вершинных поверхностей: у западной постройки – в северо-запад-юго-восточном; у восточной – в северо-восток-юго-западном направлениях.

Вершина западной постройки (минимальная глубина – 1397 м) поднимается приблизительно на 4700 м над абиссальной равниной, расположенной на глубине 6100 м. По изобате 4500 м она имеет размеры 50x60 км, а ее плоская вершина (выше 1600 м) – 25x18 км. Вершина восточной постройки размером 13x6 км располагается на глубине около 1500 м (Богданов и др., 1990).

Склоны гайота ИОАН значительно положе, чем у гайота Ита-Майтаи. В среднем, угол наклона составляет 7-10°. Только в верхней части, в интервале глубин 1700 – 2000 м, крутизна склона несколько увеличивается. Вершина гайота представляется полого опускающимся от центра к периферии от 1450 – 1480 до 1600 м плато (Богданов и др., 1990).

Цоколь гайота сложен базальтами, обнажения которых встречены в крутых уступах при погру-

жениях ПОА «Пайсис». Базальты перекрыты во многих местах вулканокластическими отложениями (брекчиями, песчаниками). В верхней части склона они образуют выдержанные слои, прилегающие к вулканическому цоколю. На гайоте ИОАН, в отличие от гайота Ита-Майтаи, не встречено протяженных слоев грубо детритовых известняков. Здесь присутствуют остатки планктонных и бентосных фораминифер. Возраст наиболее древних фораминифер – конец нижнего – начало верхнего мела.

В интервале глубин от 1500 до 2150 м на склонах гайота твердый субстрат перекрыт практически непрерывным плащом железомарганцевых корок толщиной до 10 см. Железомарганцевые корки отсутствуют на вершине гайота и на склонах глубже 2150 м.

Распределение рыхлых осадков аналогично тому, что и на гайоте Ита-Майтаи.

Согласно (Богданов и др., 1990), история развития гайота ИОАН выглядит следующим образом:

- 1) вулканизм и формирование вулканической горы - время неизвестно, но исходя из теоретических построений, связанных с расчетом погружений горы, возраст должен быть такой же, как у гайота Ита-Майтаи;
- 2) разрушение вулкана, формирование турбидитных и зерновых потоков вниз по склону. Этот процесс был длительным, так как перемещение обломочного материала фиксируется до маастрихта (~74.5 млн. лет). Резко расчлененный рельеф фундамента горы с отдельными вулканическими пиками, поднимающимися до уровня 1400 м, свидетельствует о том, что полного выравнивания рельефа не произошло; возможно, с этим связано отсутствие покрова мелководных известняков, по крайней мере, на западном склоне гайота;
- 3) погружение гайота и накопление рыхлой верхней осадочной толщи в привершинной части гайота со среднего эоцена до современности.

## ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

В табл. 2 представлена сравнительная характеристика гайотов Ита-Майтаи и ИОАН, составленная автором данной статьи по литературным данным.

В результате сравнения двух гайотов были выяснены как сходство, так и различия. Оба гайота имеют плоские вершины на глубине 1400 м и возвышаются над абиссальной равниной Восточно-Марианской впадины с глубинами порядка 6000 м. Гайоты отличаются друг от друга по форме: гайот ИОАН имеет неправильную форму и образуется

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГАЙОТОВ ИТА-МАЙТАИ И ИОАН

двумя сросшимися вулканическими аппаратами, а гайот Ита-Майтаи имеет форму усеченного конуса. Склоны гайота ИОАН значительно положе, чем гайота Ита-Майтаи. В среднем, угол наклона склонов гайота ИОАН составляет  $7-10^{\circ}$ , а

Ита-Майтаи –  $15-17^{\circ}$ . Также гайоты существенно различаются по возрасту. Возраст образования гайота Ита-Майтаи древнее, чем гайота ИОАН.

Пологие склоны этих гайотов в интервале глубин от 1400 до 2000 м бронированы железомарганцевой коркой толщиной от 5 до 30 см. Железомарганцевые образования залегают на твердом субстрате рудного состава. На гайоте Ита-Майтаи – это, главным образом, грубо детритовые известняки, на гайоте ИОАН – базальты цоколя и продукты их дезинтеграции (песчаники, брекчии) (Богданов и др., 1987).

В понижениях наблюдаются скопления железомарганцевых конкреций диаметром от 3 – 5 до 30 – 60 см. В ядрах конкреций и карбонатном субстрате железомарганцевых корок обнаружены высокие содержания фосфора. В туфах и вулканокластитах они существенно уменьшаются.

Гайоты имеют различную историю развития. Разрушение вулкана и снос обломочного материала у гайота ИОАН происходили до маастрихта, у гайота Ита-Майтаи – в апте и альбе. Выравнивание гайота ИОАН не произошло, а гайот Ита-Майтаи был выровнен в конце раннего мела. Погружение гайота ИОАН началось в среднем эоцене, а гайота Ита-Майтаи – в позднем мелу.

Анализ особенностей геологического строения и фациальной природы вулканогенно-осадочных пород гайотов Ита-Майтаи и ИОАН (Лисицына, Шевченко 1988) позволяет отметить следующие основные этапы их развития:

- в конце раннего мела (апт-альб) происходило формирование гайотов, вершины которых достигали уровня океана или возвышались над ним. На вершинах гайотов возникали лагуны и окаймляющие их рифовые постройки, а на склонах гайотов формировались мощные серии турбидитов, состоящих, в основном, из вулканического материала;

- в позднем мелу грубый обломочный материал отлагался на склонах погружающихся гайотов, и происходило образование базальтовых брекчии;

- начиная с палеоцена – эоцена и до четвертичного времени, на поверхность гайотов отлагались глобигеринидово-нанопланктонные илы, а в верхней части склонов на поверхности осадков формировалась железомарганцевая корка.

Как видно из проведенного анализа, гайоты Ита-Майтаи и ИОАН, несмотря на некоторое сход-

ство, представляют собой две различные постройки, существенно отличающиеся по своему строению и эволюции.

Работа выполнена при Государственной поддержке ведущих научных школ (грант НШ-2294.2003.5), при поддержке ФЦП «Интеграция науки и высшего образования России на 2002-2006 гг.» (проект Э334) и Управления по делам молодежи администрации Камчатской области по программе «Профильные летние лагеря».

Научный руководитель с.н.с. В.А. Рашидов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

*Андреев С.И., Аникеева Л.И., Задорнов М.М.* Кобальтоносные железомарганцевые корки океана // Морская геология и геофизика. Обзорная информация. Мингео СССР. ВИЭМС. 1989. Вып. № 6. 54 с.

*Богданов Ю.А., Сорохтин О.Г., Зоненишайн Л.Н. и др.* Железо- марганцевые корки и конкреции подводных гор Тихого океана М.: Наука, 1990. 229 с.

*Богданов Ю.А., Зоненишайн Л.Н., Лисицын А.П. и др.* Железомарганцевые руды образования подводных гор океана // Изв. АН СССР. 1987. Серия геологическая. № 7. С. 103-120.

*Вершинский Н.В.* Загадки океана М.: Педагогика, 1989. 143 с.

Гайоты Западной Пацифики и их рудоносность / Отв. ред. Батурин Г.Н., Говоров И.Н. М: Наука, 1995. 368 с.

*Жулева Е.В.* Исследование глубоководных железомарганцевых корок гайота Ита-Майтаи методом подводной фотографии // Океанология. 1995. Т. 35. № 6. С. 930-936.

*Задорнов М.М., Хейберг Л.Б., Школьник Э.Л. и др.* О перспективах освоения месторождений кобальт - марганцевых корок и фосфоритов Западной Пацифики // Тихоокеанская геология. 1988. Т. 17. № 4. С. 87-92.

*Лисицына Н.А., Шевченко А.Я.* Карбонатно-фосфатные породы подводных гор Восточно-Марианского бассейна (Тихий океан) // Литология и полезные ископаемые. 1988. № 2. С. 39-54.

*Мельников М.Е., Школьник Э.Л., Пуляева И.А., Попова Т.В.* Результаты детального изучения оксидной железомарганцевой и фосфоритовой минерализации на гайоте ИОАН (Западная Пацифика) // Тихоокеанская геология. 1995. Т. 14. № 5. С. 4-20.

*Пуляева И.А.* Этапы формирования железомарганцевых корок Магеллановых гор Тихого океана: Автореф. дисс.... канд. геол.-мин. наук. СПб., 1999. 25 с.

## АКМАНОВА

*Koppers A.P., Staudigel H., Wijbrans J.R., Pringle M.S.* Cretaceous hotspot volcanism and absolute Pacific plate motion // *Earth and Planetary Science Letters*. 1998. V. 163. P. 53-68.

### **The comparative characteristic off gayots Ita-Maytay and IOAN (Magellan's heaps)**

**Akmanova D.R.**

Kamchatkan State Pedagogical University, 383032, Petropavlovsk-Kamchatsky, Pogranichnaya street, 4

The comparative characteristic off too gayots of Magellan's heaps named Ita-Maytay and IOAN is given. In spite of several similarities these constructions differ one from another by its structure and evolution.