

**РОЛЬ ТОПОГРАФИЧЕСКИХ ВИХРЕЙ ТЭЙЛОРА-ХОГГА В ФОРМИРОВАНИИ
ЖЕЛЕЗОМАРГАНЦЕВЫХ КОНКРЕЦИЙ ПО ПЕРИФЕРИИ МАГЕЛЛАНОВЫХ ГОР
ТИХОГО ОКЕАНА**

Е.В. Михайлик, А.И. Ханчук, Л.Б. Хершберг

Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, г. Владивосток

Результаты геологического изучения абиссальных участков по периферии Магеллановых гор показали, что кобальтбогатые железомарганцевые конкреции (Со-ЖМК) образуют высокопродуктивные залежи (с весовой плотностью 20 кг/м² и выше), приуроченные к северным участкам зоны сочленения нижних склонов горных сооружений с поверхностью межгорной равнины, а также межгорным впадинам северо-восточного простирания и, кроме того, к невысоким (300–500 м) холмам абиссальных котловин на глубинах 5200–5900 м. На основе современных представлений геофизической гидродинамики приведены факты, свидетельствующие о формировании данного типа руд вследствие деятельности в глубоководной части горных сооружений и над абиссальными холмами топографических вихрей (ТВ) Тэйлора-Хогга. Эти данные по локализации конкреционных залежей могут быть востребованы как критерии эволюции ТВ у пьедесталов подводных гор и над абиссальными холмами.

Ключевые слова: кобальтбогатые ЖМК, рудные залежи, топографические вихри Тэйлора-Хогга, Магеллановы горы, Тихий океан.

ВВЕДЕНИЕ

Регион кобальтбогатых железомарганцевых конкреций (Со-ЖМК), приуроченных к скоплению подводных гор в северо-западной части Тихого океана, впервые был выделен Д. Меро [8].

Изучение Fe-Mn оруденения в этом регионе методом полигонов показало, что привершинные участки гайотов покрыты корками, а конкреции распространены в меньшем количестве и залегают, главным образом, в западинах рельефа. Формирование их происходит в условиях активной динамики придонных вод. Вниз по склону рудные поля корок постепенно сменяются залежами конкреций низкой продуктивности (до 5 кг/м²). Причем эти конкреции резко отличаются по соотношению ядро:оболочка (10:1 и более) от конкреций как с привершинных участков гайотов, так и рудных полей абиссали океанов (1:3–5). Глубже 3500–4000 м конкреции встречены не были [4].

С целью наращивания ресурсов руд Со, Mn и др. металлов ВНИИОкеангеологией (1986–1988 гг.) и ПГО “Дальморгеология” (1988–1996 гг.) стали изучаться Магеллановы горы как главный заявочный объект России в международном районе морского дна. Исследования проводились методом геологической съемки. Основной объем работ был сконцентрирован на изучении коркового оруденения, меньшая доля пришлось на абиссальную часть, где были вы-

явлены высокопродуктивные залежи Со-ЖМК. Механизм формирования этих залежей не установлен, и статья посвящена этому вопросу.

РУДНЫЕ ЗАЛЕЖИ

В основу работы положены материалы, полученные в 6, 8 и 9 рейсах нис “Морской геолог” в 1987–1989 гг. на полигоне I, расположенном в центре Магеллановых гор. На этом участке поднятие разделяет Марианскую котловину на две самостоятельные впадины – Минамитори на севере и Сайпан на юге.

Впадина Минамитори ограничена с севера горами Маркус-Уэйк, в ее пределах широко развиты холмы, непротяженные желоба и межгорные депрессии. Основной фон глубин впадины 5500–6000 м.

Впадина Сайпан занимает всю южную часть Восточно-Марианской котловины и представляет собой сложную систему депрессий, оконтуриваемых изобатой 6000 м. Дно впадины – волнистая равнина с отдельными холмами и гребневидными возвышенностями с относительной высотой до 300–500 м.

Положение залежей Со-ЖМК продуктивностью 20 кг/м² и выше приведено на рис. 1. Они локализованы по периферии северных участков гайотов, а также в межгорных депрессиях простирания и на холмах абиссальных котловин на глубинах 5200 – 5900 м.

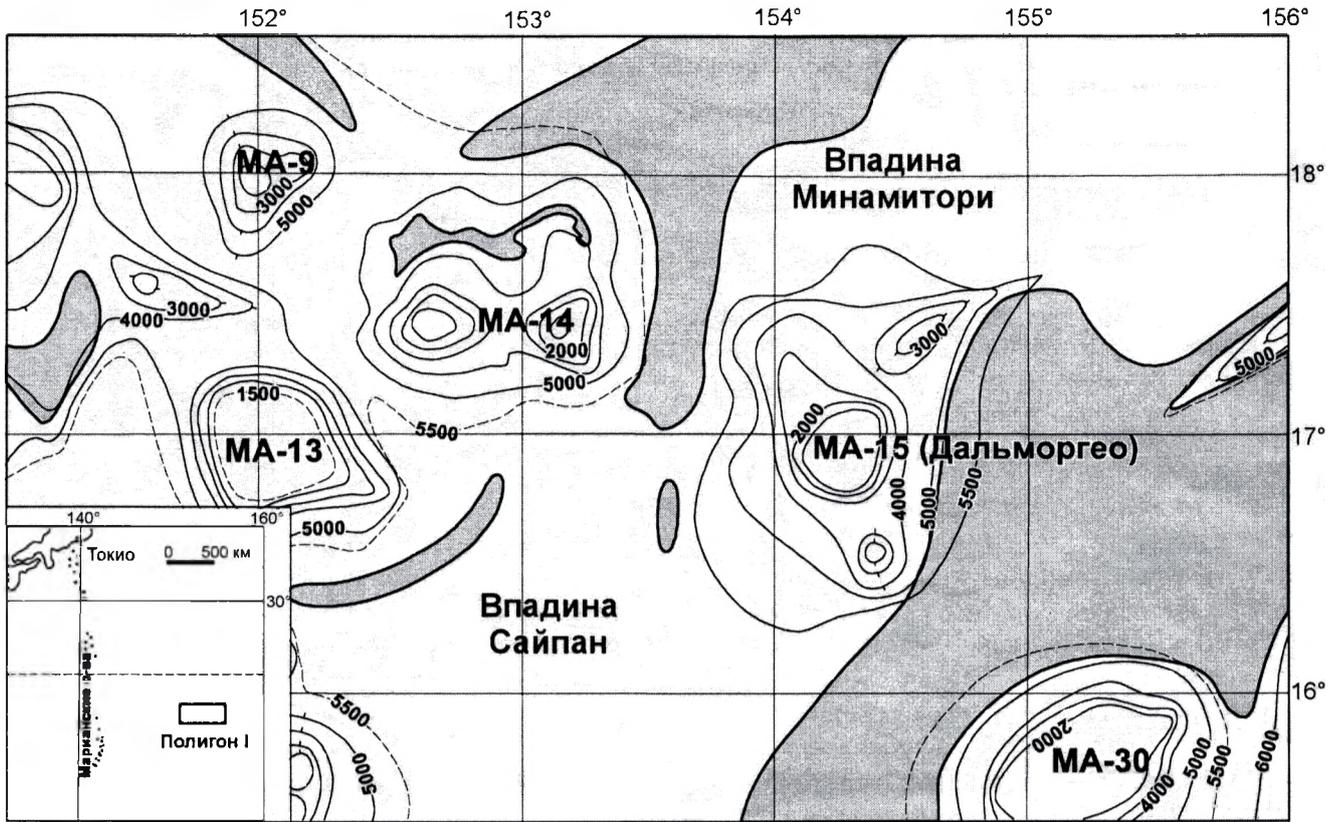


Рис. 1. Контуры залежей Со-ЖМК продуктивностью 20 кг/м² и более (серая заливка) на полигоне I Магеллановых гор.

Конкреции практически отсутствуют на участках абисселей с ровным рельефом дна и повышенной мощностью рыхлых отложений и на межгорных линейных депрессиях СЗ простирания, а также на глубинах более 5900 м.

Вмещающими породами конкреций являются глинистые илы и красные глубоководные глины. Анализ гранулометрического состава осадков свидетельствует об общей направленности уменьшения их размеров с глубиной. Однако при переходе к абиссали на фоне ровных значений средневзвешенных диаметров происходит резкое увеличение их размеров в самых глубоководных участках полигона, что, вероятно, отражает наличие придонных течений (рис. 2).

Площадная концентрация конкреций обычно составляет 45–75%, а на некоторых участках холмов и периферии гайотов достигает 100% (конкреционные мостовые). Средняя весовая плотность залежей составляет 26.5 кг/м², а конкреционных мостовых достигает 85 кг/м².

Конкреции преимущественно сфероидальные. Размеры их варьируют от 0.5 до 12 см, но преобладают фракции 2–6 см. Отношение диаметра ядра к диаметру оболочки в них 1:10 и более. Ядра представле-

ны уплотненным глинистым веществом. Основными рудными минералами являются вернадит и асболанбузерит, а акцессорными – кварц (повышенное со-

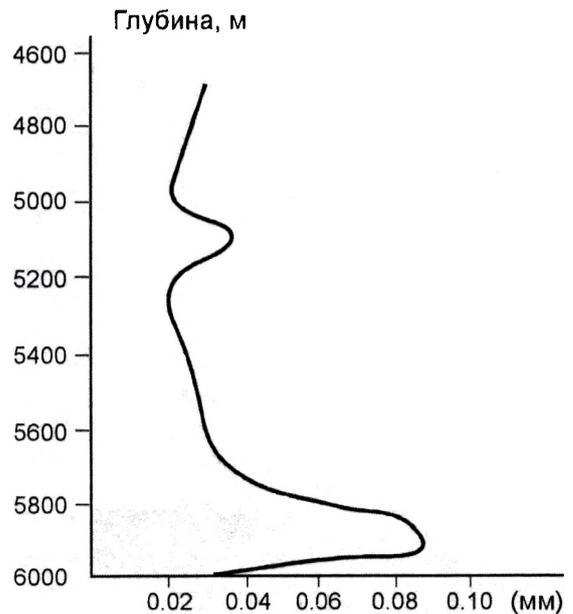


Рис. 2. Распределение средневзвешенных диаметров осадков на полигоне I.

Таблица. Химический состав *Со*-ЖМК (181 проба) полигона I и конкреций с подножий хребтов Уэйк-Неккер и Лайн (Карин), а также кобальт-марганцевых корок (ЖМК) гайотов Магеллановых гор.

| Элементы | Полигон I (среднее) | макс. | мин. | Уэйк-Неккер | Карин | ЖМК |
|----------|------------------------|-------|-------|-------------|-------|-------|
| Ti | 1,190 | 1,74 | 0,75 | 0,964 | 1,14 | 0,92 |
| Mn | 17,35 | 23,40 | 7,35 | 16,39 | 13,5 | 19,28 |
| Fe | 16,84 | 22,12 | 10,85 | 13,32 | 13,0 | 14,0 |
| Co | 0,431 | 0,68 | 0,14 | 0,376 | 0,29 | 0,54 |
| Ni | 0,372 | 0,69 | 0,23 | 0,360 | 0,26 | 0,41 |
| Cu | 0,210 | 0,53 | 0,06 | 0,155 | 0,18 | 0,09 |
| Zn | 0,057 | 0,088 | 0,028 | 0,057 | 0,047 | 0,051 |
| Pb | 0,088 | 0,150 | 0,036 | | 0,097 | 0,120 |

держание во внешнем слое), филлипсит, смектит и, крайне редко, апатит.

Химический состав *Со*-ЖМК (таблица) показал, что концентрации *Со*, *Ni* и *Сu* в изученных образцах являются максимальными по сравнению с конкрециями подводных хребтов Уэйк-Неккер [1, 7] и Лайн (хр. Карин) [10], а содержание кобальта значительно выше, чем в конкрециях провинции Кларин-Клиппертон (0.18–0.23 %) [1]. Количество микроэлементов в рудных образованиях, в первую очередь кобальта, подчиняется закономерности, выявленной Ф. Манхэймом и К. Лан-Боствиком [11], и связано с удаленностью от Восточно-Тихоокеанского поднятия – основного поставщика эндогенных металлов.

Сходная картина в распространении залежей абиссальных *Со*-ЖМК установлена в межгорных впадинах поднятия Маркус-Уэйк [3]. Картирование показало наличие обширных безрудных зон, приуроченных к пологим участкам, а на слабонаклоненных, а также по периферии гайотов Арнольд, Скриппс, Лэдд и др., околнурены высокопродуктивные залежи *Со*-ЖМК, в пределах которых весовая плотность не ниже 30–35 кг/м², возрастающая на отдельных участках до 150 кг/м².

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ И ВЫВОДЫ

Причину формирования залежей *Со*-ЖМК на полигоне I мы объясняем деятельностью топографических вихрей (ТВ) Тэйлора-Хогга. Образование рудных корок на привершинных участках гайотов благодаря ТВ приведено в [9]. Деятельность ТВ над холмами в глубоководной части океана несколько отличается от таковой над гайотами, в частности: отсутствием нисходящих течений, формированию которых препятствует близкорасположенное дно, а также невысокой скоростью вдольсклоновых течений [6]. Эти данные находятся в соответствии с результа-

тами исследований, проведенными на полигоне I, где высокие концентрации *Со*-ЖМК установлены на склонах абиссальных холмов, покрытых маломощным чехлом осадков. На данном батиметрическом уровне зафиксировано увеличение гранулометрического размера осадков, что объясняется действием придонных течений. Кроме того, гидрологические исследования над абиссальным холмом, находящимся за рамками изученного полигона, на склонах которого установлены конкреционные руды с наибольшей весовой плотностью, показали повышение температуры на 0.06°C в слое 1000–950 м от дна, затем прослеживается однородный по температуре слой (50 м – дно). Этот факт свидетельствует в пользу деятельности ТВ над данным холмом.

Кроме того, анализ результатов исследования ЖМК Центральной, Южной и Восточной котловин Тихого океана, а также рудной провинции Кларин-Клиппертон [4, 5] показал, что залежи конкреций с высокими значениями продуктивности приурочены к участкам с мелкохолмистым рельефом дна, причем максимальные значения определены для вершин и склонов холмов.

Приуроченность рудных залежей *Со*-ЖМК полигона I к северным участкам зоны сочленения нижних склонов горных сооружений с поверхностью межгорной равнины, а также межгорным впадинам СВ простирания (рис. 1) хорошо согласуется с теоретическими расчетами обтекания одиночных и двойных цилиндрических возмущений рельефа дна в гиперболически стратифицированном океане восточным потоком в северном полушарии (рис. 3) [6]. На этих рисунках видно, что поля *Со*-ЖМК с весовой плотностью 20 кг/м² и более пространственно совпадают с теоретически рассчитанными участками интенсификации придонных течений. А течения, как известно [2], являются одним из важнейших условий Fe-Mn рудонакопления в океане.

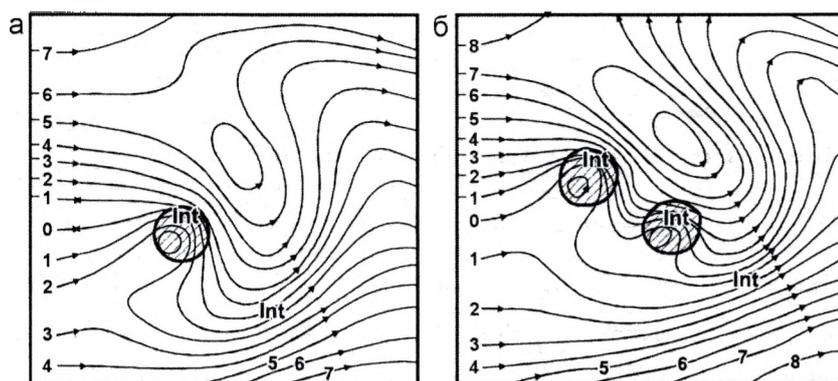


Рис. 3. Обтекание одиночных (а) и двойных (б) цилиндрических возмущений рельефа дна (заштриховано) в гиперболически стратифицированном океане восточным потоком в северном полушарии (int – зоны интенсификации течений) [6].

Изложенные факты свидетельствуют о ведущей роли ТВ Тэйлора-Хогга в формировании залежей Со-ЖМК на абиссальных холмах, северных участках периферии гайотов и в межгорных депрессиях СВ простирания.

Залежи Со-ЖМК, подобные исследованным на полигоне I, могут быть обнаружены на флангах горной цепи, следовательно, ресурсы руд кобальта, марганца и других металлов главного заявочного объекта России в Тихом океане – Магеллановых гор – значительно возрастут.

Работа выполнена при финансовой поддержке Программы фундаментальных исследований Президиума РАН “Мировой океан: геология, геодинамика, физика, биология” (грант 05-1-П14-060) и Министерства промышленности, науки и технологий РФ (договор 634/2005-ДВГИ).

ЛИТЕРАТУРА

1. Андреев С.И. Металлогения железомарганцевых образований Тихого океана. СПб.: Недра. 1994. 191 с.
2. Богданов Ю.А., Сорохтин О.Г., Зоненшайн Л.П. и др. Железомарганцевые корки и конкреции подводных гор Тихого океана. М.: Наука. 1990. 229 с.
3. Волохин Ю.Г., Мельников М.Е., Школьник Э.Л. и др. Гай-

оты Западной Пацифики и их рудоносность. М.: Наука. 1995. 368 с.

4. Железомарганцевые конкреции Тихого океана. М.: Наука. 1976. 301 с.
5. Железомарганцевые конкреции центральной части Тихого океана. М.: Наука. 1986. 342 с.
6. Зырянов В.Н. Топографические вихри в динамике морских течений. М.: ИВП РАН. 1995. 239 с.
7. Кобальтбогатые руды Мирового океана / Ред. С.Н. Андреев. СПб.: ВНИИОкеангеология. 2002. 167 с.
8. Мерио Д. Минеральные богатства океана. М.: Прогресс. 1969. 440 с.
9. Михайлик Е.В., Ханчук А.И. Роль топографических вихрей Тэйлора-Хогга в формировании кобальто-марганцевых корок гайотов Магеллановых гор Тихого океана // Докл. РАН. 2004. Т. 394. № 2. С. 234–236.
10. Hein J.R., Gramm-Osipov L.M., Gibbs A.E. et al. Description and composition of Fe-Mn crusts, rocks, and sediments collected on Karin Ridge, R.V. Aleksandr Vinogradov cruise 91-AV-19/2 / Eds.: Hein J.R., Bychkov A.S., Gibbs A.E. Data and Results from RV “Aleksandr Vinogradov” Cruises 91-AV-19 // US Geological Survey Open File Report 94-230, 1994. P. 39–86.
11. Manheim F.T., Lane-Bostwick C.M. Chemical composition of Fe-Mn crusts in the World Ocean: a review and comprehensive data base / Co-rich manganese crust // Tokai Univer. Press., 1990. P. 120–121.

Поступила в редакцию 29 августа 2005 г.

Рекомендована к печати О.В. Чудаевым

E.V. Mikhailik, A.I. Khanchuk, L.B. Khershberg

The role of the Taylor-Hogg topographic eddies during Fe-Mn nodule deposition on the periphery of the Magellan Seamounts (Pacific Ocean)

The geologic study of abyssal areas in detail at the periphery of the Magellan Seamounts show that the Co-rich Fe-Mn nodule deposits (with productivity 20 kg/m² and more) are located in the northern part of the seamount pedestals, NE-striking intermountain valleys and on abyssal hills (300-500 m) at a depth of 5200-5900 m. According to the present-day results of geophysical hydrodynamics, the generation of this type of nodule deposits is explained by the occurrence of the Taylor-Hogg topographic eddies. The results of nodule geology can be used as criteria of evolution of the Taylor-Hogg topographic eddies in geophysical hydrodynamics.

Key words: Co-rich Fe-Mn nodules, ore deposits, Taylor-Hogg topographic eddies, Magellan Seamounts, Pacific Ocean.