

УДК 551.465:553.31(265.5)

## РОЛЬ ТОПОГРАФИЧЕСКИХ ВИХРЕЙ ТЭЙЛОРА–ХОГГА В ФОРМИРОВАНИИ КОБАЛЬТО-МАРГАНЦЕВЫХ КОРОК ГАЙОТОВ МАГЕЛЛАНОВЫХ ГОР ТИХОГО ОКЕАНА

© 2004 г. Е. В. Михайлик, член-корреспондент РАН А. И. Ханчук

Поступило 21.08.2003 г.

Кобальто-марганцевые корки (КМК) Магеллановых гор изучались во ВНИИОкеангеологии (1986–1988 гг.) и ПГО “Дальморгеология” (1988–1996 гг.) как главный заявочный объект России в Международном районе дна с ресурсами руд кобальта, марганца и других металлов. Применение метода геологической съемки различных стадий, от региональных геолого-геофизических работ масштаба 1 : 1000000 до поисковых масштаба 1 : 50000, позволило с высокой степенью достоверности исследовать гайоты ИОАН (МЖ-35) [1], Роскомнедра (МЖ-36) [2] и др. На рис. 1 видно различие между гайотами по размерам, ориентировке в плане, морфологии поверхностей, выложенных абразией, а также глубинам. Они сформировались в различные века мелового периода, а современной глубины достигли в олигоцене [1, 2].

В локализации и строении рудных тел гайотов выявлена закономерность. КМК залегают вдоль бровки узкими (лентовидными) полосами. Толщина их максимальна на бровках (10–12 см) и уменьшается до первых миллиметров по направлению к центрам гайотов и вниз по склону, исчезая на глубине 3500 м. Центральные части плато гайотов покрыты карбонатными планктоногенными осадками со знаками ряби, размеры и ориентировка которой свидетельствуют о придонных течениях со скоростями 5–10 см/с [3].

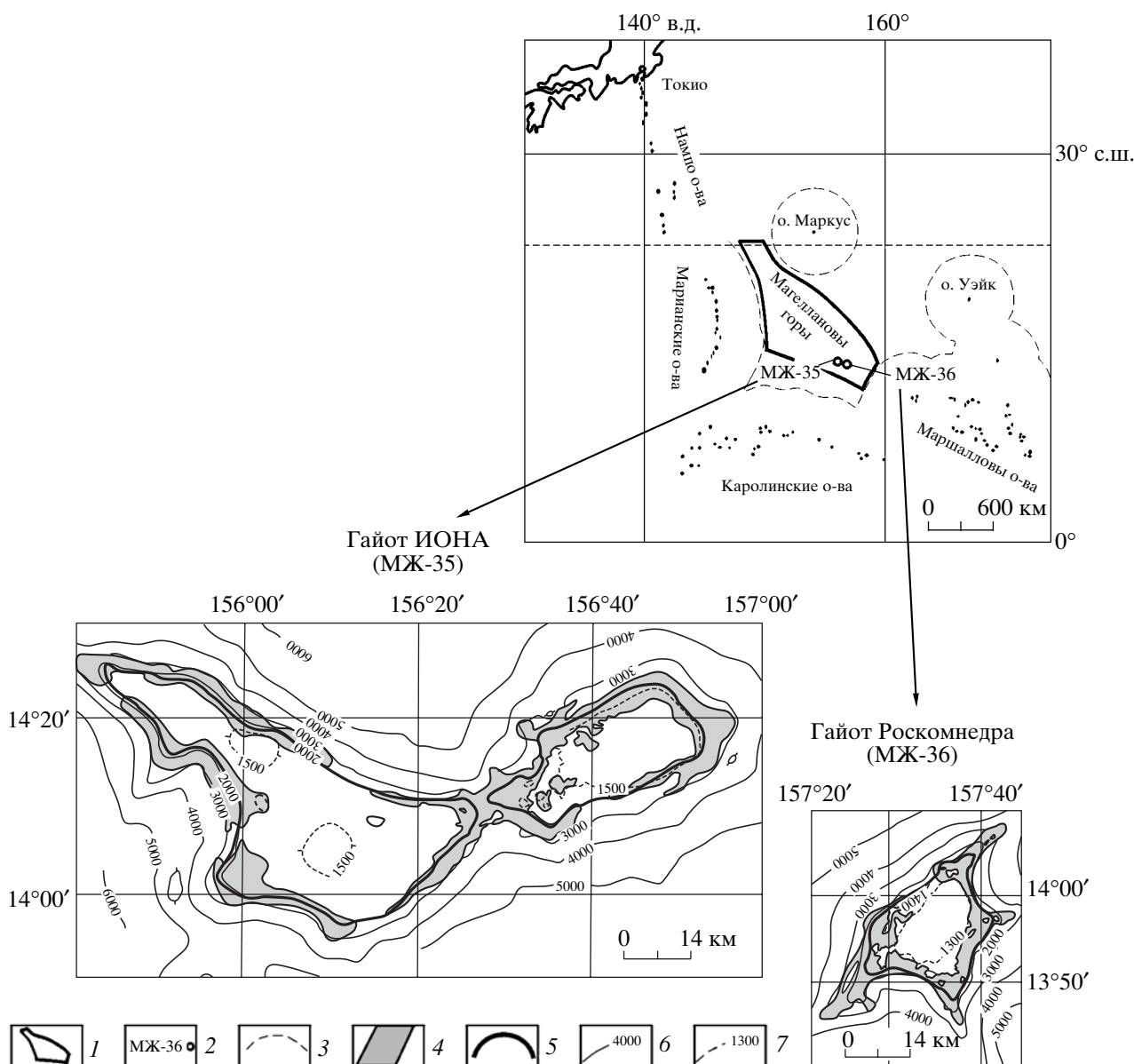
Поперечный срез большей части образцов КМК слоистый. Сводный разрез начинается реликтовым [1, 2] слоем (R-слой). Выше залегает антрацитовый слой (I), затем пористый (II) и, наконец, буроугольный (III). Содержание кобальта в рудных корках возрастает от 0.3% в реликтовом слое до 0.8% в слое III [1–4]. Биостратиграфические исследования показали, что возраст КМК более 65 млн. лет [4]. Хотя за этот отрезок времени на Земле произошли грандиозные изменения (ми-

грация континентов, значительные колебания уровня моря и многое другое), КМК Магеллановых гор с удивительным постоянством росли на одном месте.

Причина этого феномена до сих пор не была известна. Анализ литературных данных по геологическому строению и рудоносности гайотов Тихого океана, а также по течениям в области современных подводных гор открытого океана позволил нам установить, что эта причина – деятельность топографических вихрей (ТВ) над гайотами. Основные характеристики вихрей выявлены наиболее полно для холмов и островов, а для гайотов интенсивно исследуются [5]. Приведем некоторые результаты изучения ТВ, имеющие непосредственное отношение к КМК на гайотах.

Вращение Земли вокруг своей оси приводит в движение всю толщу морской воды. Встречая на своем пути препятствие (в нашем случае гайот), вода не в состоянии перелиться через него и обтекает его по изолиниям. При этом над вершиной гайота течение вихревое. Этот эффект, теоретически предсказанный Д. Праудменом [6], был получен на лабораторной установке Д. Тэйлором [7]. Вихрь в однородной жидкости имел цилиндрическую форму. Н.Г. Хогг [8] рассмотрел влияние стратификации вод океана на структуру ТВ и впервые показал, что в морской воде вихрь приобретает коническую форму. Вершина его может находиться на любом горизонте и не всегда будет выходить на поверхность океана, а основание совпадает с вершиной горы. Таким образом, наличие замкнутых линий течения над гайотами и независимость их от вертикальной координаты приводят к изоляции внутренней области над вершиной от окружающих вод и обтеканию вращающегося над горой столба воды, как твердого тела. В настоящее время такие течения предложено называть топографическими вихрями Тэйлора–Хогга [9].

Согласно закону сохранения потенциального вихря [10] в его развитии выделяются две стадии. Стадия наползания воды на вершину горы сопровождается подъемом изотерм (равно как и изоха-

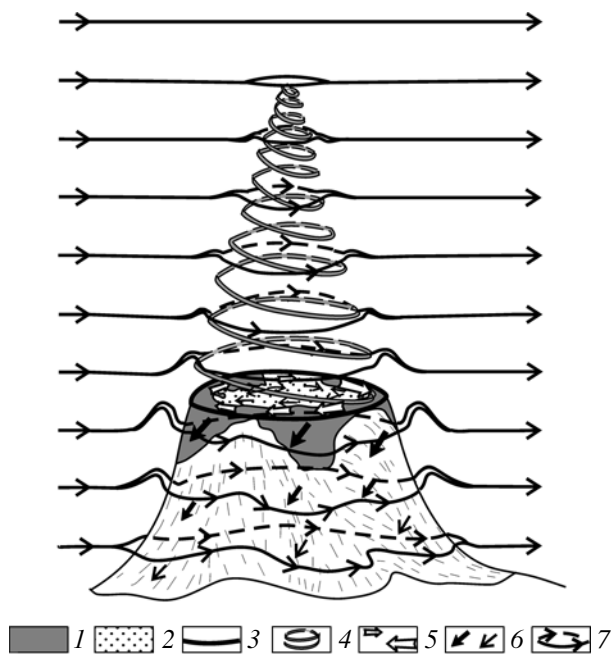


**Рис. 1.** Контуры рудных тел по категориям  $P_2$  и  $P_3$  [1, 2] месторождений кобальто-марганцевых корок (КМК), приуроченных к бровкам гайотов ИОНА и Роскомнедра. 1 – контуры Магелланова рудного поля в Международном районе дна; 2 – местоположение изученных гайотов; 3 – границы исключительных экономических зон; 4 – площади развития КМК; 5 – бровка гайотов; 6 – изобаты (м); 7- дополнительные изобаты (м).

лин и изопикн) со стороны набегающего потока. Вторая стадия наступает, когда наползшая на вершину горы вода формирует собственно вихрь Тейлора–Хогга. При вращении его по часовой стрелке (антициклонически) течение на склонах гайота будет в том же направлении и, кроме того, приведет к опусканию вод по спирали вдоль склонов горы. После этих двух стадий эволюции топографической завихренности изотермы приобретают характерный вид (рис. 2). Над горами малой высоты такому опусканию изотерм препятствует дно [5].

Поля скоростей в ТВ теоретически и экспериментально асимметричны [10]. Распределение относительных скоростей резко меняется в различных секторах вихря, но, как правило, они увеличиваются вблизи бровки гайотов, а к центру плоских вершин они минимальны. Считается, что для существования ТВ необходима скорость по периметру не менее 20 см/с, а по данным [3] Fe–Mn-корки растут при скоростях 10–30 см/с.

Эти расчеты и наблюдения согласуются со схемами распределения КМК и осадков на вершинах гайотов, но особенно характерны для гайота Роскомнедра, выделяющегося простым строением



**Рис. 2.** Модель топографического вихря Тэйлора–Хогга над гайотом Роскомнедра. 1 – рудные тела КМК; 2 – вершинные карбонатные осадки; 3 – бровка гайота; 4 – топографический вихрь Тэйлора–Хогга; 5 – направление и интенсивность (толщина стрелки) вершинных течений; 6 – направление и интенсивность (толщина стрелки) склоновых течений; 7 – течение по линиям равных значений температуры (изотермы), солености (изохалины), плотности (изопикны) и другим характеристикам морской воды. Штриховыми линиями обозначены течения в тыловой части объекта.

(рис. 1). На северном участке его вершины вблизи и на бровке рудных корок нет и залегают карбонатные пески. Рудная залежь западной части вершины имеет “окна” и промоины, а граница ее с осадками извилистая, с “бухтами” и “залывами”. Восточная залежь почти сплошная. Кроме того, содержание кобальта на 0.05%, а марганца на 2.8% здесь выше, чем в западной части [2]. Известно, что Fe–Mn-конкреции на склонах холмов, обращенных к течениям, также содержат больше металлов, чем на “теневых” склонах [11]. Это свидетельствует о различных скоростях придонных вод вблизи и на бровке гайота длительное время.

Течения придонных вод вниз по склонам фиксировались пилотами глубоководного аппарата “Пайсис” при изучении Магеллановых гор [3].

В зоне латерального перехода от рудных корок к осадкам плоской вершины КМК присыпаны тонким слоем карбонатного песка. К центру

мощность осадков увеличивается до 36 м [2] и в них больше алевритовой примеси. Это геологическое тело, сложенное рыхлыми осадками, имеет форму выпуклой линзы. Формирование его происходит благодаря уменьшению скоростей придонных вод к центру ТВ. Однако всюду есть признаки, обязанные пульсирующему характеру приливо-отливных течений (т.е. его скорости не превышают скорости ТВ). Скорости таких течений на центральных участках плоских вершин двух гайотов, по данным длительных измерений (9 и 7 мес.), 1–10 см/с [12].

Изложенные факты свидетельствуют о ведущей роли топографического вихря Тэйлора–Хогга в формировании рудных тел КМК вдоль бровок гайотов Магеллановых гор.

Работа выполнена при финансовой поддержке Программы фундаментальных исследований Президиума РАН “Мировой океан: геология, геодинамика, физика, биология” (грант 03–1–0–08–009) и Министерства промышленности, науки и технологий РФ (договор 43.634.11.0003/ДВГИ).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мельников М.Е., Школьник Э.Л., Пуляева И.А., Попова Т.В. // Тихоокеан. геология. 1995. Т. 14. № 5. С. 4–20.
2. Хериберг Л.Б., Михайлик Е.В., Чудаев О.В. и др. // Тихоокеан. геология. 2002. Т. 21. № 1. С. 96–110.
3. Богданов Ю.А., Сорохтин О.Г., Зоненшайн Л.П. и др. Железо-марганцевые корки и конкреции подводных гор Тихого океана. М.: Наука, 1990. 229 с.
4. Пуляева И.А. Этапы формирования железо-марганцевых корок Магеллановых гор. Автореф. дис. ... канд. геол.-минералог. наук. Геленджик, 1999. 25 с.
5. Зырянов В.Н. Топографические вихри в динамике морских течений. М.: ИВП РАН, 1995. 239 с.
6. Proudman G. // Proc. Roy. Soc. London. 1916. V. A92. P. 408–430.
7. Taylor G.I. // Proc. Roy. Soc. London. 1923. V. A104. P. 213–233.
8. Hogg N.G. // Deep-Sea Res. 1973. V. 20. № 5. P. 449–459.
9. Зырянов В.Н. // ДАН. 1984. Т. 277. № 4. С. 967–971.
10. Козлов В.Ф., Дарницкий В.Б. В сб.: Труды Дальневосточного регионального научно-исследовательского института. Л.: Гидрометеоздат, 1981. В. 83. С. 85–100.
11. Горянов И.Н., Грамберг И.С., Прожогин А.Г. // ДАН. 1986. Т. 289. № 6. С. 1488–1492.
12. Noble M., Kinoshita K. // U.S. Geol. Surv. Open File Rept № 94–230. 1994. P. 149–168.