

РУДОНОСНОСТЬ ГАЙОТОВ СТРУКТУРЫ УЭЙК-НЕККЕР (ТИХИЙ ОКЕАН)

Л.Б. Хершберг, Е.В. Михайлик, О.В. Чудаев, Эр.Б. Невретдинов

Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, г.Владивосток

В статье представлены результаты геолого-геофизических исследований на полигонах I и II, расположенных в западной и восточной частях рудного поля кобальтомарганцевых корок (КМК) структуры Уэйк-Неккер в Тихом океане. Изучено геоморфологическое и геологическое строение нескольких гайотов. Дана характеристика кобальтомарганцевой минерализации. По геохимической специализации КМК гайотов Уэйк-Неккер относятся к богатым Со-Мп рудам.

Показано, что КМК гайотов МА-15, МЖ-35 и МЖ-36 рудоконцентрирующей структуры Магеллановых гор по основным параметрам оценочных кондиций, изложенным в ТЭС, более перспективны для эксплуатационных работ по сравнению с изученными гайотами рудного поля КМК Уэйк-Неккер.

Ключевые слова: кобальтомарганцевые корки, гайоты, геолого-геоморфологическое строение, рудоносность, прогноз, Уэйк-Неккер, Тихий океан.

ВВЕДЕНИЕ

Первые сведения о железомарганцевых образованиях с гайотов Уэйк-Неккер были получены в 1968 и 1970 гг. в специализированных геологических экспедициях – 43 и 48 рейсах и/с "Витязь", где впервые был применен метод геологических полигонов [5]. В частности, был установлен крайне неравномерный характер распространения корок и конкреций, а также их мощностей. Кроме того, показано, что на бровках гайотов распространены корки толщиной до 15 см. Содержание Со в них высокое (0,57–0,59%). На отдельных подводных горах были встречены глыбовые конкреции диаметром 20–30 см. На плоских вершинах, покрытых фораминиферовыми песками, рудные образования отсутствовали. Сплошной покров осадков отмечен и в нижней части склонов с глубин 3500–4000 м. Однако в тот период практическая значимость корок как бы "затенялась" конкреционными рудами, богатыми Ni (1,4%), Cu (1,1%), Со (0,2%) и Мп (27–29%) [6].

Резкий рост цен на кобальтовую руду [14] повлек за собой интенсивное изучение корок, начиная с экспедиции "MIDPAC-81", исследовавшей гайоты Уэйк-Неккер и Лайн [12,13]. Результаты изучения единичных образцов корок и конкреций с гайотов Уэйк-Неккер показали высокие содержания в них кобальта, в среднем 0,79 %.

С целью наращивания ресурсов руд кобальта, марганца и других металлов и выбора объекта для последующего детального исследования богатых ко-

бальтом железомарганцевых корок (кобальтомарганцевых корок – КМК) ВНИИОкеангеологией на нис "Морской геолог" (1986–1987 гг.) были изучены гайоты Уэйк-Неккер и Магеллановых гор в Тихом океане [2]. На более представительном материале было показано, что в КМК гайотов Уэйк-Неккер среднее содержание кобальта составляет 0,62 % [1].

Для заверки данных, полученных в предшествующих рейсах, ПГО "Дальморгеология" на нис "Севморгеология" и нис "Геолог Петр Антропов" в 1992–93 гг. выполнила региональные исследования на двух полигонах структуры Уэйк-Неккер (рис. 1). Геолого-геофизические работы проведены с использованием стандартных методов: многолучевое геоэхолотирование, гидромагнитное и сейсмоакустическое профилирование, фототелепрофилирование, сбор образцов дночерпателями с фотографированием дна и драгами. На каждом гайоте выполнено от 2 до 8 станций драгирования.

Полигон I расположен в западной части поля КМК Уэйк-Неккер и охватывает гайоты НВ-1а, НВ-1б, НВ-1в, НВ-1с в северной его части и НВ-5, НВ-11б, НВ-12, НВ-20 – в южной (рис.1, 2).

Полигон II расположен в восточной части поля КМК Уэйк-Неккер и включает гайоты НГ-32г и НГ-33б (рис.1, 2).

На основании проведенных исследований и литературных данных дана сравнительная характеристика основных оценочных параметров КМК гайотов рудных полей Уэйк-Неккер и Магеллановых гор.



Рис. 1. Схема расположения изученных полигонов I и II рудного поля Уэйк-Неккер.

ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ

Полигон I условно разделен на две части. В южной его половине изучены гайоты НВ-20, НВ-116, НВ-12, и НВ-5 (рис. 1, 2). Это обособленные палеовулканические постройки с относительными превышениями над абиссальной равниной до 4500 м. Пьедесталы гайотов – овальной формы с размерами оснований от 60–110 км до 40–60 км. Площади гайотов по изобате 3000 м варьируют от 240 до 830 км². Плосковершинные поверхности расположены на глубине 1000–1400 м, их площади составляют 13,5–156 км² (табл. 1).

Крутизна склонов гайотов меняется в широких пределах, от субгоризонтальных до 30–40°. От вершин до изобаты 1500 м углы наклона составляют, как правило, 3–4°, ниже крутизна склонов увеличивается от 10 до 40°. Глубже 3000 м склоны выполаживаются до 2–3°. На гайоте НВ-12 склоны начинают выполаживаться от изобаты 2000 м и с глубины 2500 м плавно переходят в межгорную депрессию. На склонах гайотов НВ-20 и НВ-116 наблюдаются локальные поднятия и V-образные желоба шириной до 3 км. Осадки на крутых склонах гайотов, как правило, отсутствуют. На пологих участках, по данным сейсмоакустики, мощность их не превышает 10–15 м.

В северной части полигона I изучены гайоты НВ-1а, НВ-1б, НВ-1в, НВ-3в. Это группа вулканических построек на едином цоколе, сросшихся на уров-

не изобаты 3000 м. Гайоты, как самостоятельные возвышенности, ограничены по основанию изобатами 2000 м (НВ-1б, НВ-1в) и 2500 м (НВ-3в).

Вершинные поверхности гайотов, располагающиеся на глубинах 1200–1500 м, занимают значительные площади. На них распространены достаточно мощные (до 100 м) карбонатные осадки (табл. 1). Крутизна склонов гайотов варьирует в широких пределах, но в целом они положе, чем в южной части полигона. На восточном и южном склонах гайота НВ-3б до изобаты 2500 м крутизна составляет не более 5°. Здесь развиты осадки мощностью до 15 м. Западный и северный склоны отличаются большей крутизной, где углы наклона достигают 10–13°. На гайоте НВ-1в крутизна склонов в северном направлении между изобатами 1500–2000 м составляет 10°, в южном – до 16°. Гайот НВ-1б характеризуется довольно крутыми (до 18°) склонами с примерно одинаковой крутизной во всех направлениях до глубины 2000 м. Глубже рельеф дна выполаживается и мощность осадков увеличивается. На гайоте НВ-1а крутизна склонов до глубин 2500–3000 м во всех направлениях составляет 21–22°, глубже склоны выполаживаются до 3–7°.

Полигон II. Здесь изучены два гайота: НГ-32г и НГ-33б, возвышающиеся над абиссальной равниной на 4200 м и 3600 м, соответственно. Контуры гайота НГ-32г по изобате 3000 м (рис. 3) неправильноокруг-

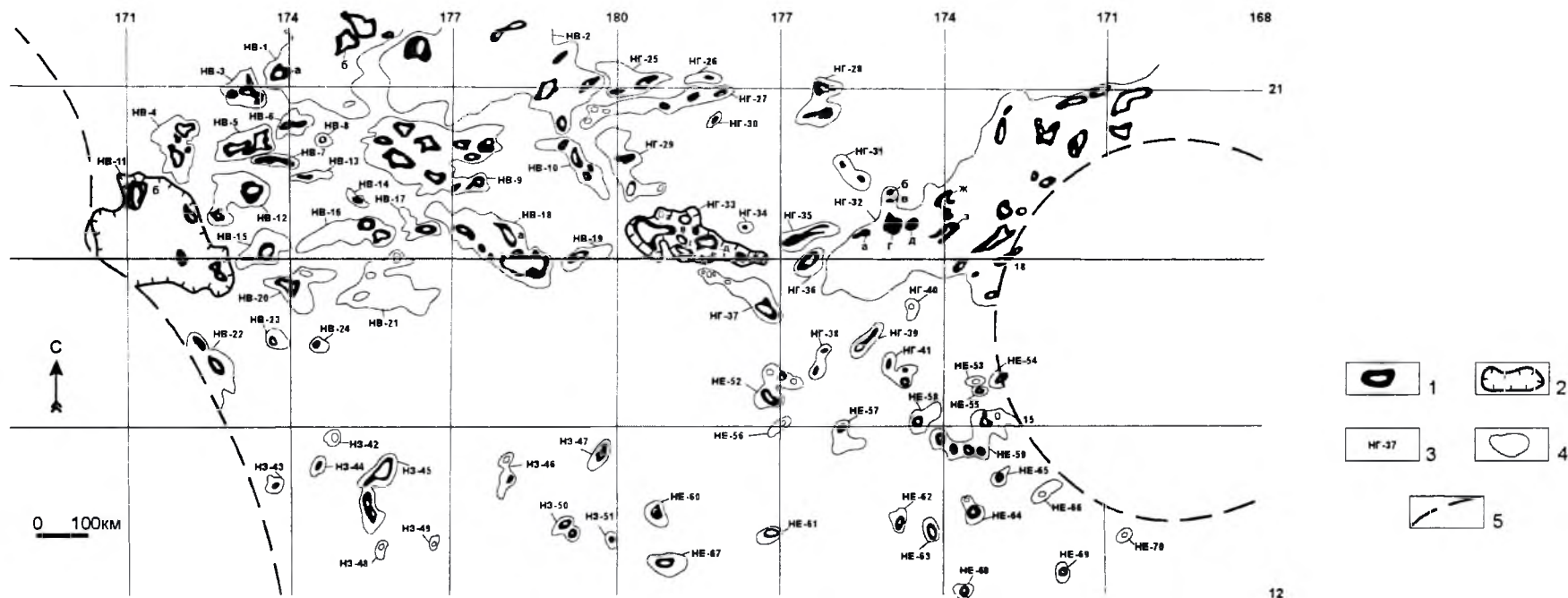


Рис. 2. Схема прогноза КМК рудного поля Уэйк-Неккер западного сектора северной приэкваториальной зоны Тихого океана (ЗССПЗТО).

1 – площадь распространения оруденения гайотов до глубины 3000 м; 2 – рудные узлы, рекомендуемые для постановки работ разной степени детальности; 3 – номера гайотов; 4 – граница основания рудных узлов гайотов; 5 – границы 200-мильных экономических зон государств.

Таблица 1. Геолого-геоморфологическая характеристика гайотов полигона I (Уэйк-Неккер).

№ гайота	Глубина вершины (м)	Площадь вершинной поверхности (км ²)	Мощность осадочного чехла на вершинной поверхности (м)		Краевой вал		Площадь гайота до изобаты 3000 м, (км ²)	Крутизна склонов в градусах (от – до)
			верхний слой	нижний слой	ширина (км)	высота (м)		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
НВ-1а	1300	104,0	20–30	30–40	явно не выражен		444	3–22
НВ-1б	1200	544,0	15–45	20–60	9	350	694 (в пределах изобаты 2000 м)	5–18
НВ-1в	1300	380,0	15–45	20–60	(развит фрагментарно)		550 (в пределах изобаты 2000 м)	1–16
НВ-3в	1500	231,0	15–20	40–60	3	100	832 (в пределах изобаты 2500 м)	2–13
НВ-5	1400	13,5	отсутствует	редко до 20 м	5	250	306	3–41
НВ-12	1400	156,0	50–60	50–60	3	70	302 (в пределах изобаты 2500 м)	2–18
НВ-11б	1000	32,0	20–40	20–40			830	3–15
НВ-20	1300	40,8	осадки развиты фрагментарно	50–70	3	70	240	2–22
			50–90		3	100		

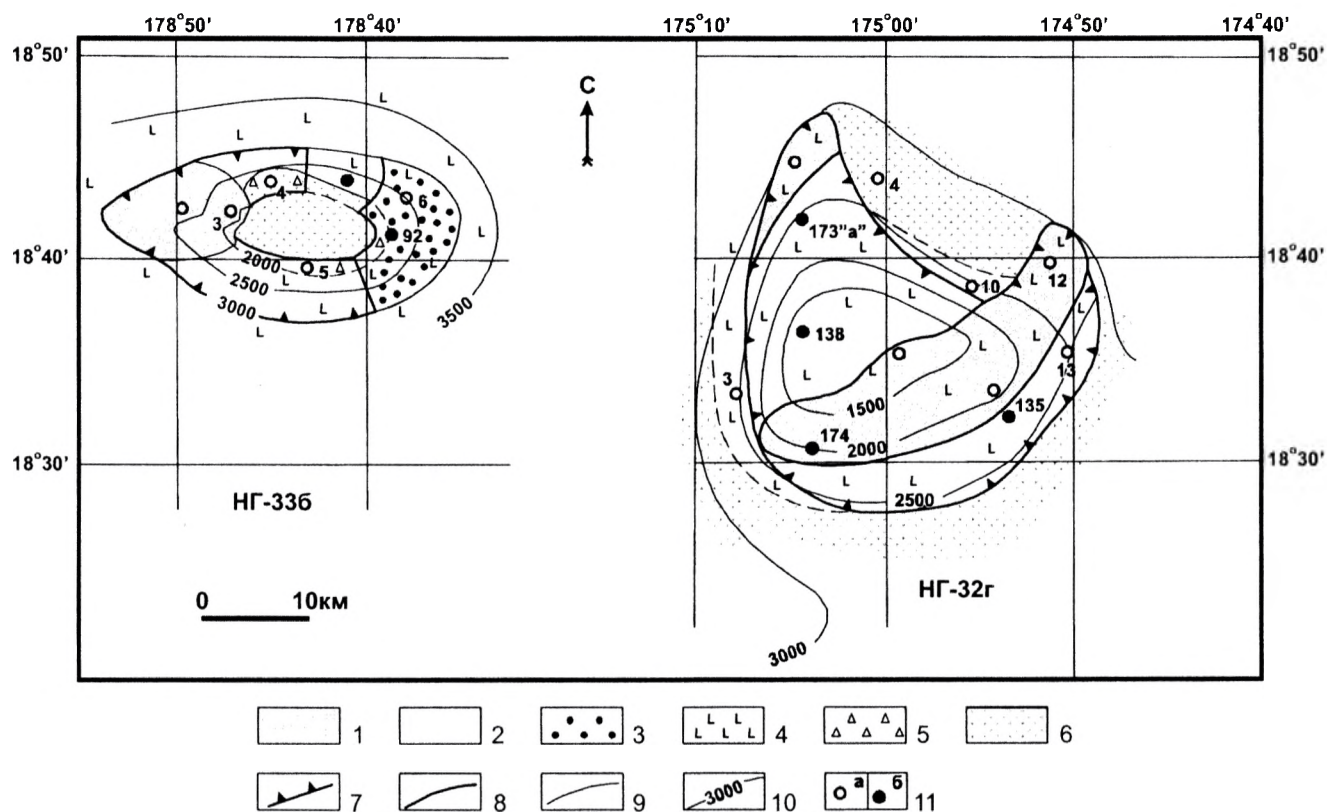


Рис. 3. Геологические схемы распространения кобальтомарганцевых образований на гайотах НГ-32г и НГ-336 (полигон II) с оценкой перспектив КМК. (Составил Л.Б. Хершберг по материалам ПГО "Дальморгеология").

1 – площади развития КМК мощностью более 4 см; 2 – площади развития КМК мощностью 1–4 см; 3 – устойчивые поля развития ККО; 4 – вулканогенный комплекс: базальты, гиадокластиты; 5 – осадочный комплекс: песчаники, гравелиты, известняки, фаңгломераты; 6 – рыхлые осадки; 7 – контуры оценочных блоков прогнозных ресурсов КМК категории Р₃ до глубины 3000 м; 8 – границы полей распространения КМО; 9 – границы между литологическими разностями коренных пород и донных осадков; 10 – изобаты (м); 11 – Станции драгирования, выполненные: а – в 4 рейсе нис "Севморгеология" (1992 г.); б – в 6 и 8 рейсах нис "Морской геолог" (1986–1987 гг.).

лой формы с размерами основания 36×40 км. Отличительной особенностью гайота НГ-32г является слегка выпуклая вершинная поверхность, расположенная на глубине 1000–1500 м и практически лишенная осадков. Углы наклона склонов гайота колеблются от 3° до 25°, причем западный склон более крутой, чем восточный.

Гайот НГ-336 (рис. 3) представляет собой палеовулканическую постройку эллипсоидальной формы с плоской вершиной. Размеры основания гайота по изобате 3000 м составляют 32×15 км. Плоская вершина размером 10×6 км расположена на глубине 1600 м и покрыта слоем карбонатных осадков.

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ

В геологическом строении гайотов полигона I принимают участие два комплекса пород: вулканогенный и осадочный. В последнем выделены литифи-

цированные фосфатно-карбонатные образования и рыхлые осадки.

Вулканогенные образования, слагающие фундамент гайотов, представлены базальтами. Преобладают пузырьчатые афировые щелочные и субщелочные базальты с шаровой отдельностью. Они драгированы на гайотах НВ-116, НВ-1в, НВ-1а с глубин 2469–3010 м. На гайотах НВ-116 с глубины 1056 м с плоской вершины подняты порфировые оливковые базальты с плитчатой отдельностью. Вулканогенно-обломочные образования представлены гиадокластитам, в меньшем количестве туфами, а также туффитами и туфопесчаниками. Наибольшим развитием они пользуются в южной части полигона. На гайотах НВ-116, НВ-5, НВ-12 и НВ-1а породы этого комплекса подняты с интервалов глубин 1218–1892 м и 2579–3010 м.

Карбонатные и карбонатно-фосфатные породы развиты повсеместно в верхней части склонов на всех изученных гайотах. Установлены отложения ри-

фовой и лагунной фаций. Они представлены коралловыми, органогенно-детритовыми, ракушняковыми, оолитовыми и микритовыми известняками, а также калькаренидами. Породы рифовой фации подняты на всех гайотах полигона с интервала глубин 1386–2210 м, а лагунной – обнаружены на гайотах НВ-20 и НВ-12 на глубинах 1485 и 1852 м, соответственно.

Наиболее широко распространены мелко- и грубообломочные органогенно-детритовые известняки, как правило, со стороны внешнего (океанского) склона рифовой постройки. Они подняты на всех гайотах с интервала глубин 1465–2709 м. Ракушняковые известняки присутствуют на гайотах НВ-12, НВ-5 и НВ-1а в интервале глубин 1426–1852 м. Таким образом, все гайоты полигона I прошли атолловую стадию развития. Одновременно с ростом рифа на гайотах формировались толщи фангломератов с карбонатным заполняющим материалом, которые позже были фосфатизированы. Фангломераты встречены на гайотах НВ-11б и НВ-12 в интервале глубин 1218–2809 м. Кроме того, на пологих склонах гайотов, главным образом, в западинах установлены кокколито-фораминиферовые фосфатизированные известняки в интервале глубин 1218–2809 м.

Рыхлые карбонатные осадки слагают аккумулятивные чехлы на плосковершинных поверхностях и представлены планктоногенными кокколито-фораминиферовыми илами и фораминиферовыми песками.

В геологическом строении гайотов полигона II принимают участие тоже два комплекса пород: вулканогенный и осадочный. Цоколь гайота НГ-32г (рис. 3) сложен щелочными и субщелочными базальтами, поднятыми на всех станциях драгирования. Кроме того, встречены гиадокластиты и туфы, а также единичные образцы базальтовых брекчий с карбонатным заполняющим материалом и фосфатизированных кокколито-фораминиферовых известняков. На некоторых станциях драгированы в небольшом количестве фосфориты с содержанием P_2O_5 от 14,6 до 30,3 %.

Цоколь гайота НГ-33б (рис. 3) также сложен щелочными и субщелочными базальтами. С верхних частей склонов гайота подняты породы осадочного комплекса, которые представлены органогенно-детритовыми и кокколито-фораминиферовыми фосфатизированными известняками, а также алевропесчаниками и фосфоритами с содержанием P_2O_5 до 25,7 %.

КОБАЛЬТОМАРГАНЦЕВЫЕ ОБРАЗОВАНИЯ ГАЙОТОВ И ИХ РУДОНОСНОСТЬ

Среди кобальтомарганцевых образований изученных гайотов Уэйк-Неккер выделены КМК, корко-

вые конкреционные образования (ККО) и богатые кобальтом конкреции (Со-ЖМК).

ККО и Со-ЖМК распространены спорадически, встречаются, в основном, совместно с КМК. Из 42 станций драгирования ККО подняты на 4 станциях, расположенных на гайотах НВ-11, НВ-5 и НВ-3, а Со-ЖМК – на 6 станциях гайотов НВ-11, НВ-12, НВ-5 и НВ-1б.

КМК развиты по периферии плосковершинных поверхностей гайотов, главным образом, вдоль бровок, а также на склонах до глубины 3000–3500 м на участках выходов коренных пород, лишенных рыхлых осадков. По данным фототелепрофилирования, интервалы глубин с покрытием пород корками свыше 50% расположены на гайоте НВ-20 в пределах 1300–2000 м и 2600–2800 м; на гайоте НВ-11б – 1000–1100 м и 1200–2500 м; на гайоте НВ-12 – 1500–2500 м и 3000–3200 м; НВ-5 – 1400–3000 м. На гайоте НВ-1в интервал составляет в среднем 1500–2000 м, однако на северо-восточных склонах оруденение достигает глубины 3500 м. Перспективная площадь развития КМК на гайотах полигона I до изобаты 3000 м по данным фототелепрофилирования варьирует от 146 до 730 км².

КМК условно подразделяются на рудные и безрудные (толщиной менее 1 см). По данным драгирования рудные корки установлены на 30 станциях из 42, что составляет 71%. Распространены безрудные корки на глубинах свыше 3000 м, а также менее 1500 м, обычно на значительном удалении от бровки гайотов. Субстратом их являются базальты и известняки.

Морфология поверхностного слоя и внутреннее строение КМК удивительно похожи на детально изученные корки гайотов (МА-15, МЖ-35и МЖ-36) Магеллановых гор [3, 4, 8, 11].

На гайотах полигона I преобладают корки двухслойного строения, составляющие 53% поднятых образцов, трехслойные составляют 38%, однослойные – 9%. Преобладающим типом субстрата являются известняки, которые составляют 74% поднятых образцов, базальты и вулканокластиты составляют 15%, брекчин – 6%, без субстрата – 5%.

Небольшой объем рядовых проб КМК позволяет дать лишь предварительную характеристику корок и зависимости их параметров от различных факторов.

Средняя мощность КМК по всем гайотам составляет 4,8 см, на известняках – 4,2 см, на базальтах – 6 см, на гиадокластитах – 5,3 см, на фангломератах – 7,5 см. Максимальные величины средних значений установлены для трехслойных КМК (6,3 см) и корок, залегающих на глубинах до 2000 м (5,0 см). Плотность залегания КМК практически не зависит

от типа субстрата. Наибольшие плотности залегания сухих КМК зафиксированы (табл. 2) на фангломератах (77,8 кг/м²), в трехслойных корках (79,3 кг/м²) и на глубинах 2500–3000 м (63,3 кг/м²). Наиболее высокие средние содержания кобальта в КМК определены на базальтах (0,61 %), в однослойных корках (0,78 %), со средней мощностью до 2 см (0,67 %) и на глубинах до 2000 м (0,59%).

Максимальные средние содержания марганца выявлены на фангломератах (24,5 %), в однослойных корках (22,5 %) и в корках мощностью более 8 см (22,9 %), а также в КМК, распространенных до глубины 2000 м (22,4 %).

Высокие средние содержания никеля установлены для двухслойных корок (0,51%), мощностью более 8 см (0,54%) и распространенных на глубинах до 2000 м. Средние содержания никеля в корках на различных субстратах одинаково (0,50%).

Максимальные средние содержания железа характерны для КМК на фангломератах (17%), в одно-

слойных корках (15,3%), при средней мощности 2–5 см (14,5%), в интервале глубин 2500–3000 м.

Средние содержания меди повышены в КМК на фангломератах (0,16%), в трехслойных корках (0,14%), со средней мощностью более 8 см (0,17%) и на глубинах свыше 2500 м (0,16%).

Наиболее высокими средними содержаниями Р₂О₅ характеризуются КМК на известняках (5,3%), двух- и трехслойные корки (5,2%), со средней мощностью 5–8 см (5,9%) и в интервале глубин 2000–2500 м (6,4%).

ККО в объеме, достаточном для отбора рядовой пробы, встречены совместно с КМК на гайотах НВ-116, НВ-5 и НВ-3. Они представлены караваеобразными, эллипсоидальными и шаровидными морфотипами с ботриоидальной и бугорчатой структурами поверхности. ККО достигают размера 50×30×20 см. Ядра представлены, в основном, известняками, фосфатизированными известняками, реже туфами. Рудная оболочка двух- и трехслойного строения, общей

Таблица 2. Содержание химических элементов в кобальтомарганцевых образованиях гайотов полигона I (Уэйк-Неккер).

Показатели	Кол. проб	Средняя мощность (см)	Средняя плотность залегания сухих КМК (кг/м ²)	Элементы						
				Co	Ni	Mn	Cu	Fe	Co _{усл}	P ₂ O ₅
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Субстрат			КМК							
Известняк	22	4,2	51,1	0,60	0,50	21,8	0,12	13,6	1,14	5,3
Базальт	4	6,0	69,5	0,61	0,50	22,8	0,15	14,7	1,18	4,0
Фангломерат	2	7,5	77,8	0,57	0,50	24,5	0,16	17,0	1,17	1,9
Слоистость										
1-слойные	2	2,0	17,4	0,78	0,42	22,5	0,09	15,3	1,32	3,90
2-слойные	14	4,6	56,5	0,58	0,51	21,9	0,13	13,8	1,13	5,2
3-слойные	9	6,3	79,3	0,55	0,50	21,7	0,14	13,6	1,09	5,2
Мощность(см)										
до 2	5		16,8	0,67	0,49	21,6	0,098	13,0	1,21	4,1
2–5	10		51,3	0,62	0,49	21,9	0,13	14,5	1,16	4,3
5–8	13		82,7	0,53	0,51	21,7	0,15	13,4	1,07	5,9
более 8	2		125,2	0,43	0,54	22,9	0,17	12,5	1,01	5,6
Глубина залегания (м)										
до 2000	22	5,0	62,6	0,59	0,53	22,4	0,13	13,4	1,15	5,3
2000–2500	3	3,7	46,8	0,55	0,37	18,5	0,13	13,5	1,00	6,4
2500–3000	5	4,7	63,3	0,53	0,40	19,7	0,16	15,5	1,01	4,6
			ККО							
1350–1500	2	7,5	-	0,49	0,60	20,0	0,115	9,6	1,02	10,3
1800–2400	2	10,5	-	0,32	0,39	16,2	0,135	9,3	0,73	6,7
			Со-ЖМК							
	3	4-6	-	0,54	0,48	21,8	0,135	13,4	1,08	6,2

мощностью до 12 см. Строение ККО, как правило, концентрически зональное, асимметричное. Мощность верхней части – 5–8 см. От ядра к поверхности прослеживаются антрацитовый, пористый и бурогольный слои. Средние содержания рудных элементов в ККО приведены в табл. 2.

Со-ЖМК встречены на склонах двух гайотов. На гайоте НВ-11 конкреции распространены на одной станции совместно с КМК и ККО, на гайоте НВ-12 на одной станции совместно с КМК и на одной станции самостоятельно. Преобладают эллипсоидальные и неправильно сфероидальные морфотипы, реже встречаются конкреции таблитчатой формы. Поверхность конкреций гладкая, шагреневая, слабо шероховатая. Преобладают фракции 4–6 см. Чаще всего ядрами служат известняки, встречаются и безъядерные Со-ЖМК. Внутреннее строение концентрически-зональное, как правило, двухслойное. Средние содержания химических элементов приведены в табл. 2.

Прогнозная оценка гайотов полигона I на КМК рудного поля Уэйк-Неккер приведена в табл. 3.

Кобальтомарганцевые корки на полигоне II встречены на пяти из восьми станций драгирования. На гайоте НГ-32Г преобладают двух- и трехслойные корки на базальтах и гиадокластитах, реже встречаются КМК на брекчиях. Мощность рудных корок колеблется от 1,0 см до 14,0 см, составляя в среднем по гайоту 4,3 см. Содержание кобальта в КМК изменяется от 0,44% до 0,79%, составляя в среднем 0,60%; марганца – от 19,9% до 25,3%, в среднем – 21,3%; никеля – от 0,30% до 0,65%, в среднем – 0,50%; меди – от 0,10% до 0,21%, в среднем – 0,15%.

Концентрация золота не превышает 0,08 г/т, палладия – 0,03 г/т. Содержание платины изменяется от 0,16 до 0,40 г/т, составляя в среднем 0,26 г/т, рутения – от 0,01 г/т до 0,015 г/т, в среднем – 0,013 г/т.

Содержание P_2O_5 меняется от 1,09% до 7,5%, составляя в среднем 3,1%.

ККО встречены на двух станциях совместно с КМК и Со-ЖМК. Преобладают ККО эллипсоидальной формы размером 30×20×10 см. Ядра представлены базальтами и гиадокластитами. Рудная оболочка однослойная, мощностью до 5 см. Содержания металлов в рудном веществе низкие и не превышают: кобальта – 0,37%, марганца – 12,7%, никеля – 0,44%. Количество P_2O_5 достигает 16,3%, составляя в среднем 11,2%.

Со-ЖМК встречены на двух станциях совместно с КМК и ККО, на одной станции совместно с КМК и на одной – обособленно. Конкреции распространены на склонах гайота в интервале глубин

Таблица 3. Прогнозная оценка гайотов полигона I на КМК рудного поля Уэйк-Неккер.

№ п/п	№ гайота	Верхняя граница оруденения, м	Кол-во стаций драгирования		Площадь распространения оруденения с Коэф. = 0,5 до глубины 3000 м, (км ²)	Мощность корки (см)	Плотность залегания КМК (кг/м ³)		Ресурсы руды, (млн т)		Содержание элементов,		Ресурсы кобальта (тыс. т)	Продуктивность по Со _{уеп} (кг/м ²)
			рудных	безрудных			влажных	сухих	влажных	сухих	Со	Со _{уеп}		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	НВ-1а	1300	5	3	225	2,5	48,6	31,2	10,9	7,0	0,87	1,19	46,9	0,37
2	НВ-1б	1400	2	1	176	4,0	71,7	42,5	12,6	7,5	0,89	1,20	51,8	0,54
3	НВ-1в	1300	-	1	280	5,0	99,5	61,3	26,7	17,2	0,55	1,15	94,6	0,70
4	НВ-3	1450	3	1	380	4,6	89,7	59,8	34,1	22,7	0,50	1,01	113,6	0,60
5	НВ-5	1300	6	2	250	4,8	92,9	58,9	23,2	13,7	0,81	1,16	89,7	0,68
6	НВ-12	1400	6	2	200	3,1	101,4	65,0	20,3	13,1	0,53	1,00	69,4	0,66
7	НВ-11б	1200	5	3	376	6,2	123,4	82,3	46,4	30,9	0,52	1,12	160,7	0,92
8	НВ-20	1300	5	-	280	4,7	92,5	80,0	25,9	18,8	0,56	1,11	94,1	0,67

1200–2730 м. Преобладают эллипсоидальные и причудливо-сфероидальные морфотипы фракции 2–4 см. Ядра чаще всего представлены базальтами, в меньшем количестве встречены безъядерные конкреции. Средние содержания в конкрециях кобальта – 0,52%, марганца – 16,2%, железа – 12,0%, никеля – 0,36%, меди – 0,17%, пятиокиси фосфора – 5,8%.

Кобальтомарганцевые образования гайота НГ-336 представлены корками, корковыми конкреционными образованиями и конкрециями.

КМК встречены на четырех из пяти станций драгирования в интервале глубин 1769–2608 м. Мощность рудных корок колеблется от 1,0 см до 14 см, составляя в среднем по гайоту 5,4 см. Преобладающим типом субстрата являются базальты и гиалокластиты, на которых отлагались двух- и трехслойные корки толщиной от 4,5 до 12,0 см. Однослойные корки на известняках мощностью 3,5 см встречены на глубине 1819 м, на алевропесчаниках развиты двухслойные корки мощностью 5,5 см на глубине 1769 м. Кроме того, на каждой станции подняты корки без субстрата. Морфология и внутреннее строение КМК аналогичны изученным на других гайотах. Из поднятых образцов преобладают двухслойные корки. Удельная плотность рудного вещества колеблется в пределах от 1,85 до 1,99 г/см³, естественная влажность – от 29,8 до 32,9%, плотность залегания влажных КМК – от 55,7 до 188,2 кг/м², сухих – от 38,4 до 132,1 кг/м².

Содержание кобальта в КМК изменяется от 0,54% в корках на алевропесчаниках до 0,76% в корках без субстрата, в среднем по гайоту составляет 0,66%, что соответствует содержанию кобальта в КМК на вулканических породах. Концентрации марганца колеблются в пределах 20,6%–24,1%, составляя в среднем 22,4%; никеля – 0,33%–0,63%, в среднем 0,3%; меди – 0,092%–0,20%, в среднем 0,11%; цинка – 0,043%–0,069%, в среднем 0,052%; железа – 12,4%–16,5%, в среднем 14,8%. Содержание пятиокиси фосфора в КМК меняется от 1,32% до 4,55%, составляя в среднем 2,45%.

Содержание золота не превышает 0,08 г/т, палладия – 0,03 г/т. Количество платины изменяется от 0,06 до 0,40 г/т, составляя в среднем 0,29 г/т, рутения – от 0,01 г/т до 0,02 г/т, в среднем 0,015 г/т.

Корковые конкреционные образования встречаются как совместно с КМК, так и образуют самостоятельные устойчивые поля развития. Такое поле, площадью около 50 км², установлено на восточном склоне гайота. Средняя плотность влажных КМК здесь 239,4 кг/м². На станции 92, выполненной в 8-ом рейсе нис “Морской геолог”, установлена макси-

Таблица 4. Оценка прогнозных ресурсов КМК полигона II по категории Р₃.

№ гайота	Площадь блока (км ²)	Мощность корки (см)	Плотность залегания КМК (кг/м ²)		Ресурсы руды (млн т)		Среднее содержание элементов (%)					Ресурсы металлов (тыс. т)				Продуктивность КМК по Со _{усл} (кг/м ²)
			влажных	сухих	влажной	сухой	Co	Ni	Mn	Cu	Со _{усл}	Co	Ni	Mn	Cu	
НГ-32г	350	4,3	77,9	50,9	27,26	17,82	0,60	0,50	21,3	0,15	1,14	106,92	89,10	3795,7	26,73	0,58
НГ-336	97	5,4	104,7	72,0	10,16	6,98	0,66	0,43	22,4	0,11	1,20	46,07	30,01	1563,5	7,68	0,86

мальная для поля Уэйк-Неккер плотность залегания влажных ККО – 343,7 кг/м². ККО крупные, мощность рудной оболочки более 10 см. Количество рудных элементов в них близко содержанию в корках. На станциях, где ККО встречаются совместно с корками, они, в основном, имеют размер 20×30×50 см, двух-, трехслойную рудную оболочку мощностью 5–10 см. Средние содержания рудных элементов значительно ниже, чем в корках, а содержание P₂O₅ выше и достигает 9,1%.

Со-ЖМК встречаются на двух станциях совместно с КМК и ККО и на одной – с ККО. Конкреции распространены в интервале глубин 2200–2700 м. По форме они неправильно-сфероидальные, с гладкой и шагреневой поверхностью. Диаметр конкреций варьирует от 2 до 10 см, преобладают фракции 2–4 см. Ядра чаще всего представлены базальтами. Средние содержания кобальта в конкрециях – 0,57%, марганца – 17,6%, никеля – 0,52%, меди – 0,096%.

Оценка прогнозных ресурсов и главных полезных компонентов КМК гайотов полигона II приведена в табл. 4.

Таким образом, концентрации основных рудных и сопутствующих компонентов в КМК на гайотах полигонов I и II близки по основным параметрам оценочных кондиций к таковым для КМК гайотов Магеллановых гор [7, 9, 10].

АНАЛИЗ ПРОВЕДЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПРОГНОЗ

По результатам проведенных исследований выполнена прогнозная оценка рудных залежей (отдельных гайотов) полигонов I и II рудного поля Уэйк-Неккер в сравнении с детально изученными гайотами МА-15, МЖ-35 и МЖ-36 рудной структуры Магеллановых гор (табл. 5).

По основным оценочным параметрам ТЭС [10]: минимальной промышленной плотности залегания сухих КМК (55,0 кг/м²), минимального промышленного содержания кобальта условного (1,5%), минимальной промышленной продуктивности КМК по кобальту условному (0,825 кг/м²), содержанию кобальта (0,50%) и другим параметрам на рис. 4 выделены объекты разной степени перспективности в ЗСПЗТО. При сравнении (табл. 5) становится очевидным, что площади распространения КМК (согласно основным оценочным параметрам ТЭС) на гайотах МА-15, МЖ-35 и МЖ-36 рудоконцентрирующей структуры Магеллановых гор более перспективны, чем на полигонах I и II рудного поля Уэйк-Неккер.

Таблица 5. Сравнительная характеристика основных оценочных параметров КМК гайотов структуры Магеллановых гор и полигонов I и II рудного поля Уэйк-Неккер.

Наименование	1	2	3	4	5	6	7	8
Структура рудного поля КМК Магеллановых гор								
Гайот "Дальморгео"		76,4	53,18	0,58	1,64	306,07	1,25	Плотность залегания КМК – 55,0 кг/м ²
Гайот "ЙОАН"		87,9	80,84	0,54	1,61	434,76	1,42	Минпром по Со усл. – 1,5%
Гайот "Роскомнедра"		100,7	24,74	0,56	1,55	133,37	1,56	Минпром продуктивность КМК по Со _{усл.} – 0,825 кг/м ²
Структура рудного поля КМК Уэйк-Неккер								
Полигон I		59,9	129,9	0,55	1,11	720,7	0,66	
в т.ч. гайот НВ-116		82,3	30,9	0,52	1,12	160,7	0,92	
Полигон II		61,5	24,8	0,63	1,17	153,0	0,72	
в т.ч. гайот НГ-33г		72,0	6,98	0,66	1,20	46,07	0,86	



Рис. 4. Схема рудной провинции западного и восточного секторов приэкваториальной зоны Тихого океана (составил Л.Б. Хершберг по материалам [1, 6, 7, 10] и ПГО "Дальморгеология").

1 – Тихоокеанский пояс мирового мегапояса конкрециообразования; 2 – пояс конкрециообразования ЗСПЗТО; 3 – разломы; 4 – поля КМК и ЖМК в Тихоокеанском секторе Мирового мегапояса конкрециообразования и их номера: I – Магелланово рудное поле, II – Маркус-Уэйк, III – Уэйк-Неккер, IV – Маршалловы острова, V – острова Лайн, VI – Гавайские острова, VII – Клариян-Клиппертон; 5 – рудные узлы и поля кобальтомарганцевой, никель-платиновой и редкоземельной геохимической специализации; 6 – рудное поле Клариян-Клиппертон, преимущественно никель-медной геохимической специализации; 7 – степень перспективности рудных узлов, полей, проявлений и месторождений по основным показателям КМК – ресурсам сухой руды, средней плотности залегания сухих КМК, продуктивности по условному кобальту ($Co_{усл}$ кг/м²): а – высокая, с ресурсами сухой руды КМК > 20 млн т на оконтуренное проявление месторождения при производительности эксплуатационного предприятия в 1 млн т/год, средней плотности залегания сухих КМК > 55 кг/м², продуктивности по условному кобальту ($Co_{усл}$) > 1.0 кг/м², $Co_{усл}$ – 1.5%; б – перспективная, с ресурсами сухой руды КМК 5–20 млн т (0.25–1 млн т/год), средней плотности залегания сухих КМК около 55 кг/м², продуктивности КМК по $Co_{усл}$ – 0.825 кг/м², $Co_{усл}$ > 1.0%; в – с неясными перспективами. 8 – объекты (гайоты) КМК России в международном районе морского дна, рекомендованные для постановки поисково-разведочных работ в батиметрическом интервале 1300–3000 м. 9 – расстояние от порта Находки до районов работ (км). 10 – границы 200-мильных экономических зон государств.

Анализ основных оценочных параметров по детально изученным гайотам Магеллановых гор и исследования, проведенные на полигонах I и II Уэйк-Неккер, свидетельствуют о возможности получения соответствующих кондиционных параметров и прироста ресурсов сухой руды до 200 млн т (в общем объеме) за счет сгущения сети опробования в рудных узлах Уэйк-Неккер, что обуславливает постановку поисковых работ в перспективе.

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).

ЛИТЕРАТУРА

1. Андреев С.И. Металлогения железомарганцевых образований Тихого океана. СПб.: Недра, 1994. 191 с.

2. Аникеева Л.И., Ванштейн Б.Г., Смекалов А.С. и др. Железомарганцевые конкреции гор Маркус-Неккер // Докл. АН СССР. 1990. Т. 310, № 3. С. 664–668.
3. Богданов Ю.А., Сорохтин О.Г., Зоненшайн Л.П. и др. Железомарганцевые корки и конкреции подводных гор Тихого океана. М.: Наука, 1990. 229 с.
4. Гайоты Западной Пацифики и их рудоносность / Ред.: Говоров И.Н., Батурин Г.Н. М.: Наука, 1995. 368 с.
5. Железо-марганцевые конкреции Тихого океана / Ред. Безруков П.Л. М.: Наука, 1976. 301 с.
6. Кобальтбогатые руды Мирового океана / Ред. Андреев С.И. СПб.: ВНИИОкеангеология, 2002. 167 с.
7. Кобальтомарганцевые корки Мирового океана: Метод. документы / Ред.: Мирчинк И.М., Андреев С.И. и др. Петропавловск-Камчатский, 1994. 167 с.
8. Мельников М.Е., Школьник Э.Л., Пуляева И.А., Попова Т.В. Результаты детального изучения оксидной железо-марганцевой и фосфоритовой минерализации на гайоте ИОАН (Западная Пацифика) // Тихоокеан. геология. 1995. № 5. С. 4–20.
9. Пуляева И.А. Этапы формирования железомарганцевых корок Магеллановых гор Тихого океана: Автореф. дис... канд. геол.-минер. наук. Геленджик, 1999. 23 с.
10. Техничко-экономические соображения (ТЭС) о целесообразности постановки поисково-разведочных работ на кобальтомарганцевые корки в пределах поля Магеллановы горы (с проектом оценочных кондиций) / Ред.: Глумов И.Ф., Мирчинк И.М. Камчат. Фил. АО "Дальморгеология", Петропавловск-Камчатский, 1994. 89 с.
11. Хершберг Л.Б., Михайлик Е.В., Чудаев О.В., и др. Особенности геологического строения и рудоносность гайота Роскомнедра Магеллановых гор (Тихий океан) // Тихоокеан. геология. 2002. Т. 21, № 1. С. 96–110.
12. Halbach P., Manheim F.T., Otten P. Co-rich ferromanganese deposits in the marginal seamount regions of the Central Pacific Basin – results of the Midpac' 81 // Erzmetall. 1982. Bd.35. H. 9. S. 447–453.
13. Halbach P., Manheim F.T. Potential of cobalt and other metals in ferromanganese crusts on seamounts of the Central Pacific Basin // Mar. Mining. 1984. N 4. P.319–346.
14. Manheim F.T. Marine cobalt resources // Science. 1986. V. 232. P. 600–608.

Поступила в редакцию 26 января 2004 г.

Рекомендована к печати А.И. Ханчуком

L.B. Hershberg, E.V. Mikhailik, O.V. Chudaev, Er.B. Nevretdinov

Ore potential of the Wake-Necker guyots structure (Pacific Ocean)

The paper presents the results of the geological and geophysical study at trial sites I and II, located in the western and eastern parts of the cobalt-rich manganese crusts (CMC) field of the Wake-Necker structure (Pacific Ocean). The morphology, geology and CMC mineralization of some guyots were studied. Geochemical peculiarities of Co-Mn ore type mineralization were characterized. However, Magellan Guyots CMC are more perspective based on parameters of commercial value as compared with Wake-Necker Guyots CMC.