

УДК (552.124:553.484'323):551.462.62](265)

А.В. Омельчук, В.Р. Морозенко

**КОБАЛЬТ-МАРГАНЦЕВОЕ ОРУДЕНЕНИЕ ПОДВОДНЫХ ГОР СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ХРЕБТА
(ТИХИЙ ОКЕАН)**

A.V. Omelchuk, V.R. Morozenko

**THE COBALTUM-MANGANESE ORE PRESENCE IN THE SUBMARINE MOUNTAINS OF THE
NORTHWESTERN RIDGE (PACIFIC OCEAN)**

Розглядаються хімічний склад, умови генезису кобальт-марганцевих конкреційно-коркових утворень, які виявлені на підводних горах Північно-Західного хребта в Тихому океані. Наведено дані, отримані за допомогою глибоководного населеного апарату, про приуроченість рудних корок до зон поствулканічної гідротермальної діяльності, тектонічних уступів, пониженнях рельєфу у верхніх частинах схилів та на вершинах підводних гір.

Ключові слова: конкреційно-коркові утворення, підводні гори, накладені процеси, вторинно змінені породи, підводні спостереження.

Рассматриваются химический состав, условия генезиса кобальт-марганцевых конкреционно-корковых образований, выявленных на подводных горах Северо-Западного хребта в Тихом океане. Приведены данные, полученные с помощью глубоководного обитаемого аппарата о приуроченности рудных корок к зонам поствулканической гидротермальной деятельности, тектоническим уступам, понижениям рельефа в верхних частях склонов и на вершинах подводных гор.

Ключевые слова: конкреционно-корковые образования, подводные горы, наложенные процессы, вторично измененные породы, подводные наблюдения.

The authors consider the genesis conditions and chemical composition of cobalt-manganese concretion-crustal formations which were found in the submarine mountains of the Northwestern Ridge in the Pacific Ocean. The ore crusts are related to the zones of post-volcanic hydrothermal activity, and tectonically they are caused by the relief on the slopes and tops of submarine mountains that are proved through the data obtained from the deep-sea manned vehicle observations on the hydrothermal activity, tectonic benches, relief depressions including the upper slopes and tops of submarine mountains.

Keywords: concretion and crust formations, submarine mountains, secondary metamorphosed rocks, submarine observatios.

ВВЕДЕНИЕ.

Одной из важных задач современных морских геологических исследований является изучение строения, рельефа, состава коренных пород, осадочного чехла и условий формирования подводных гор и поднятий Мирового океана. Это обусловлено тем, что с внерифтовыми поднятиями связаны многочисленные рудопроявления в виде железомарганцевых конкреций, кобальт-марганцевых корок, фосфоритов, фосфатизированных известняков, а также промышленные скопления гидробионтов.

Северо-Западный хребет протягивается примерно от 30 до 50° с.ш., более чем на 1200 миль и является пограничной структурой между двумя крупными тектоническими элементами дна Тихого океана — Северо-Восточной и Северо-Западной абиссальными котловинами. Хребет имеет в литературе (особенно зарубежной) второе название — Императорские горы. Состоит в основном из гайотов, высотой 4000–5000 м, более или менее округлых и овальных

очертаний, обособленных или смыкающихся своими основаниями в массивы. Ширина хребта, в среднем, до 100 км.

В настоящее время в пределах Императорского хребта известно около 20 крупных подводных гор. Для выявления основных особенностей их строения были выполнены детальные полигонные исследования, в том числе и с применением обитаемого подводного аппарата. Непосредственное наблюдение геологических объектов дало возможность получить данные об особенностях горных пород, о форме и элементах залегания геологических тел, о рельефе вершин и склонов подводных гор, о пространственной приуроченности рудных образований, представленных железомарганцевыми корками с высоким содержанием кобальта и никеля.

МЕТОДЫ И ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЙ.

По результатам погружений подводного аппарата осуществлялись направленные драгировки, опробование проводилось также не-

посредственно с борта подводного аппарата. Таким образом, полученный материал был четко привязан не только к определенным макроструктурам, но и к более мелким элементам рельефа склонов и вершин гайотов. Наиболее полно были изучены коренные породы и конкреционно-корковые образования нескольких подводных гор, в том числе г. Суйко — в северной части хребта, Нинтоку, Оджин, Лира — в пределах центрального блока и Камму — в южной части. Использовались также данные, полученные в результате глубоководного бурения на четырех подводных горах хребта [7].

Подводная гора Суйко, расположенная на $45^{\circ} 00'$ с.ш. и $170^{\circ} 00'$ в.д., представляет собой гайот, имеющий обширную плоскую вершину площадью более 5000 км^2 , состоящую из двух возвышений, разделенных седловиной. В целом вершина протягивается с севера на юг на расстояние свыше 100 км , с запада на восток — более 40 км . Высота гайота — 4800 м . Конфигурация подводной горы определяется, в основном, линеаменами северо-западного — $339\text{--}346^{\circ}$ и, в меньшей степени, северо-восточного — $60\text{--}70^{\circ}$ простирания. Вершина сложена базальтами щелочного состава, представленными протяженными грядами высотой до 30 м . Простирание этих гряд совпадает с генеральным простиранием склона всего гайота — $340\text{--}345^{\circ}$. Ширина понижений между выходами базальтов колеблется от 20 до 200 м .

Вторично измененные породы представлены кобальт-марганцевыми конкреционно-корковыми образованиями, приуроченными к коренным выходам базальтов и развитыми как на вертикальных стенках уступов, так и на субгоризонтальных поверхностях обнажений (рисунок). Средняя толщина корок $3\text{--}5 \text{ см}$, но в зонах протяженных трещин увеличивается. Максимальная толщина корок достигает 10 см .

Подводная гора Нинтоку находится на $41^{\circ} 00'$ с.ш. и $170^{\circ} 30'$ в.д. и является одним из крупнейших гайотов Императорского хребта высотой 4940 м . Морфология горы определяется линеаменами северо-восточного (26° , 38°) простирания. Отмечено также направление северо-запад — 315° . Глубина вершины находится на 1100 м . По наблюдениям из подводного аппарата, вершинное плато представляет собой плоскую слаборасчлененную равнину. Выходы коренного фундамента, сложенного базальтами щелочного состава, покрытыми железомарганцевыми натекками, представле-



Рисунок. Рудные корки подводной горы Суйко, глубина 1200 м

ны невысокими грядами (до $1,5 \text{ м}$) субмеридионального простирания. В верхних частях склона встречаются тектонические уступы, в пределах которых также широко развиты корки толщиной до $5\text{--}6 \text{ см}$, увеличивающие мощность в зонах перегиба до $10\text{--}12 \text{ см}$.

Подводная гора Оджин расположена на $38^{\circ} 00'$ с.ш. и $170^{\circ} 30'$ в.д. Это крупный гайот, вершина которого находится на глубине 1100 м ниже поверхности океана. Площадь вершинного плато 2200 км^2 . Над основанием, находящимся на глубине 5850 м , гайот возвышается на 4750 м . Генеральное простирание подводной горы определяется линеаменами северо-западного — 326° и северо-восточного — 26° направлений. По данным подводных наблюдений, вершина горы представляет собой плоскую равнину, покрытую беспорядочным нагромождением обломочного материала, как крупного, так и мелкого. Коренные породы представлены выходами базальтов в виде плит, возвышающихся над остальным рельефом на $1\text{--}1,5 \text{ м}$. Верхняя часть склона характеризуется наличием протяженных гряд, параллельных друг другу, сложенных выветрелыми базальтами.

Вторично измененные породы представлены конкреционно-корковыми образованиями, наиболее мощные из которых связаны с зонами тектонических нарушений и контактами базальтоидов с отложениями осадочного чехла (слабосцементированными конгломератами, карбонатными песками, лагунными известняками). На гайоте Оджин практически все выходы коренных пород в той или иной степени покрыты железомарганцевой коркой. Иногда это тонкая пленка, характерная также и для валунно-галечного материала, чаще корки представлены довольно толстым налетом (до $3\text{--}4 \text{ см}$) на выступах вулканогенного фундамен-

та. Но самые мощные конкреционно-корковые образования приурочены к протяженным грядам, резким уступам, зонам трещиноватости. Здесь их толщина может достигать 5–10 см, что можно объяснить влиянием поствулканических процессов на формирование вторично измененных пород.

Подводная гора Лира является пограничной между центральными и южными горами и расположена в пределах древней разломной зоны северо-западного простирания, по которой заложен северный массив возвышенности Хесса и южная «ветвь» поднятия Шатского. Гора Лира находится в координатах 36° 50' с.ш. и 171° 25' в.д. В плане имеет изометрическую форму и представляет собой правильный вулканический конус со срезанной абразией вершиной, располагающейся на глубине 700 м. Верхняя часть гайота сложена (по данным драгирования) лагунными известняками с отчетливой слоистой текстурой, сыпучими, с тонкой марганцевой коркой как на поверхности образцов (до 1 см), так и по внутренним слоям (0,1–0,2 см). На глубине 1200 м породы представлены базальтами, в большой степени подверженными вторичным изменениям. На всех образцах отмечается толстая железомарганцевая корка (до 5 см) с ярко выраженной слоистостью. Необходимо отметить, что положение подводной горы Лира в пределах активной зоны определяет ее геохимическую специализацию, что выражается в более широком развитии конкреционно-корковых образований на вершине и, особенно, на склонах горы.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ.

Коренные породы подводных гор Императорского хребта отличаются относительным постоянством состава и представляют собой базальты, андезиты-базальты, чаще всего подверженные вторичным изменениям, а также осадочные породы — конгломераты (г. Оджин) и рифогенные известняки (г. Камму).

Следует однако отметить, что на подводных горах Суйко, Нинтоку и Оджин нами были драгированы породы иного состава — андезиты, гранодиориты, граниты, а также долериты. Считается, что «экзотические» породы были принесены льдами, однако вполне вероятно, что хотя бы часть из них является местной и характеризует фундамент, подстилающий вулканогенную толщу. Это касается прежде всего долеритов, которые были определены в зоне Император-

ского разлома, расположенного восточнее одноименного хребта, как породы третьего слоя. Этот разлом протягивается в северо-западном направлении на расстояние не менее 2500 км и сохраняет в настоящее время сейсмическую активность [6]. Возможно, в формировании фундамента Северо-Западного хребта могли участвовать породы, характерные для Императорского разлома, в частности, отмеченные выше.

Большая часть пород, слагающих подводные горы Императорского хребта, подвержена вторичным изменениям, среди которых наиболее характерным является хлоритизация пироксенов. В стекловатых базальтах в основной массе встречаются палагонитизированные участки, где стекло замещено глинистыми минералами. Широко развит в базальтах процесс пелитизации, которому подвержены как отдельные вкрапленники, так и основная масса породы. Рудные минералы представлены магнетитом (от 10 до 40% в тяжелой фракции), реже ильменитом, по большей части замещенным гематитом и лимонитом. Эти вторичные изменения происходили, по всей вероятности, под влиянием поствулканических явлений, приуроченных к зонам тектонических нарушений, а также процессов выветривания горных пород в субэральную стадию развития подводных гор и на более поздних этапах, связанных с постепенным погружением структуры.

По химическому составу базальты представлены двумя генерациями: толеитами и комплексом щелочных базальтов, которые образуют непрерывный ряд, характеризующийся увеличением железистости и щелочности вверх по разрезу. Состав вулканогенных пород Северо-Западного хребта хорошо сопоставляется с современными Гавайскими вулканами: толеитами представлены лавы вулкана Килауэа, щелочными базальтами вулкана Мауна-Кеа [8].

Конкреционно-корковые образования, обнаруженные на подводных горах Императорского хребта, представляют интерес не только в связи с железомарганцевым оруденением, а также и благодаря высокому содержанию в них кобальта, никеля, свинца, молибдена и бария (таблица).

По данным подводных наблюдений наиболее мощные рудные корки (до 10–12 см) приурочены к протяженным зонам тектонических уступов и понижений в верхних частях склонов подводных гор. Внешне корковые образова-

Таблица. Химический состав кобальт-марганцевых корок подводных гор Императорского хребта (%)

Оксид	Названия подводных гор								
	г. Суйко	г. Нинтоку			г. Оджин		г. Лира		
	№ пробы								
	33-9	36-4	35-1	35-3	37-1	37-2а	38-1	38-2а	38-2
SiO ₂	10,00	5,00	3,90	3,70	7,40	9,00	4,10	2,70	3,10
TiO ₂	0,93	0,88	0,97	0,94	0,71	1,74	0,69	0,90	0,95
Al ₂ O ₃	1,80	1,10	0,80	0,70	2,30	3,20	1,40	0,70	0,90
Fe ₂ O ₃	29,40	22,80	21,30	20,30	68,10	15,10	15,40	14,13	19,10
CaO	2,96	3,13	3,50	3,34	0,59	2,96	3,02	3,62	3,50
MgO	1,63	1,88	1,88	1,80	1,77	3,35	2,84	2,09	1,84
MnO	21,60	32,48	33,00	34,10	6,80	34,30	37,64	37,25	34,38
Na ₂ O	2,21	2,08	1,77	2,22	0,86	2,18	2,43	2,29	2,39
K ₂ O	0,54	0,70	0,63	0,77	0,63	1,21	0,97	0,83	0,73
P ₂ O ₅	1,20	1,19	1,14	1,00	0,50	0,61	0,74	0,67	1,04
H ₂ O	15,43	13,32	14,78	14,49	3,67	10,14	12,53	15,51	15,88
п.п.п.	12,65	14,61	15,85	14,69	7,46	13,80	15,83	15,47	15,08
Сумма	100,35	99,17	99,52	98,05	100,79	97,59	97,59	96,33	98,89

ния имеют вид почкообразных наплывов, сглаживающих неровности микрорельефа. Более тонкие налеты заполняют трещины в породах. Характерно, что конкреционно-корковые образования распространены как на базальтах северных и центральных гор хребта, так и на рифогенных известняках южной его части, имея здесь меньшую мощность. Приводим описание наиболее характерных образцов железомарганцевых корок.

На северо-западном склоне горы Нинтоку с глубины 1400 м был поднят образец железомарганцевой корки размером 35×20×12 см уплощенно-округлой формы толщиной 3–7 см. Верхняя поверхность представлена почковидной марганцевой коркой. В нижней части образец сложен конгломератовидным скоплением обломков базальта разной степени измененности, покрытых темно-коричневыми, бурыми налетами оксидов железа и сцементированных черной массой оксидов марганца. Между обломками видны каверны и пустоты размером до нескольких сантиметров. Местами отмечаются землистые налеты марганца и желтые пятна оксидов железа. На сколе видно, что марганцевая корка неравномерным слоем от 3 до 25 мм перекрывает и цементирует обломки пород, покрытых тонкой коричнево-бурой пленкой оксидов железа. В марганцевой корке отмечается слабовыраженная тонкая слоистость. Контакт корки с обломками пород неровный, повторяет изгибы поверхности обломков, часто покрыт тонкой желтой пленкой оксидов железа.

Западный склон горы Оджин, глубина 1100 м. Драгой поднято около 25 кг грубообломочного материала — окатанного (от гравия до валунов 10–20 см) и остроугольного, судя по свежему сколу, коренного. Практически все псефиты покрыты тонкой марганцевой коркой (от 0,1 до 0,5 мм), на остроугольном обломке базальта размером 20×12×10 см корка достигает 3 см. Цвет корки черный, поверхность блестящая. Под ней находится зона изменения базальта светло-серого цвета с желтоватым оттенком, мощностью до 5 см. Далее цвет породы постепенно изменяется до темно-серого. Интенсивность измененности базальта падает по мере удаления от поверхности.

На западном склоне подводной горы Лиры с глубины 1100 м получен образец, полностью представленный марганцевой коркой размером 18×12×8 см черного цвета, с блестящей поверхностью, в верхней части несколько выпуклой. Мощность корки 10 см. По всей толщине наблюдается отчетливая слоистость. Нижний край рыхлый, сыпучий. Кроме описанного образца, было поднято около 10 кг железомарганцевых корок различной степени измельченности, толщиной от 1 до 8 см.

ВЫВОДЫ.

Анализ вещественного состава конкреционно-корковых образований показал более высокие содержания кобальта по сравнению с глубоководными железомарганцевыми конкрециями Тихого океана и подтвердил вывод о приуроченности богатых кобальтом корок к

подводным горам и другим поднятиям рельефа с высокоокислительными условиями [3]. В то же время, сумма концентраций никеля и кобальта в корках мало отличается от конкреций — 0,35–1,58% в корковых образованиях и 0,45–1,42% в глубоководных конкрециях [1]. Подобные результаты по Ni и Co отмечены и в сравнении состава корок Императорского хребта и железомарганцевых конкреций подводного поднятия Сьерра-Леоне в Атлантическом океане [2].

Обращает на себя внимание существенное различие в содержаниях меди: максимальные значения — 1,02% в конкрециях центральной части Тихого океана [1] и 0,078% в корках подводных гор Императорского хребта. Следует отметить, что содержания Ni и Co в коренных базальтах Северо-Западного хребта приблизительно на два порядка отличаются от корковых образований (0,001–0,007% Co; 0,002–0,014% Ni в базальтах и 0,21–0,71% Co; 0,40–1,10% Ni в корках), что ставит под сомнение возможность образования корок в процессе разложения и преобразования первичных пород.

Происхождение кобальт-марганцевых конкреционно-корковых образований подводных гор Императорского хребта определяется, по нашему мнению, влиянием наложенных процессов, в частности поствулканической гидротермальной деятельностью, связанной с активными секущими разломами северо-западного и северо-восточного простираний (Императорским, Кроноцким, Авачинским и др.) [4]. Подводными наблюдениями установле-

на приуроченность наиболее мощных корковых образований к тектоническим уступам, понижениям и перегибам рельефа, зонам дробления, трещиноватости и другим подобным морфоструктурам в верхних частях склонов и на вершинах подводных гор хребта.

1. *Гасик М.И.* Железомарганцевые конкреции Мирового океана: юрисдикция, геология, геохимия, металлургия // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. — 2005. — №1. — С. 34–50.
2. *Геворкьян В.Х., Чугунный Ю.Г., Сорокин А.Л.* Геологические аспекты биологической продуктивности океана. — Мурманское книжное издательство, 1990. — 186 с.
3. *Рой С.* Месторождения марганца. — М.: Мир, 1986. — 520 с.
4. *Тектоника северо-западной части Тихого океана.* — М.: Наука, 1983. — 118 с.
5. *Удинцев Г.Б.* Тихий океан. т.5. Геоморфология и тектоника дна Тихого океана. — М.: Наука, 1972. — 394 с.
6. *Bergman E.A., Solomon S.C.* Oceanic intraplate earthquakes: implications for local and regional intraplate stress // *J. Geophys. Res.*, B. — 1980. — Vol. 85, No 10. — P. 5389–5410.
7. *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project.* Washington. — D.C.: U.S. Govern. Print. Office, 1980. — Vol. 55, 868 p.
8. *Jackson E.D., Koizumi J., Dalrymple G.B.* Introduction and summary of results from DSDP Leg 55, the Hawaiian-Emperor hot-spot experiment. — *Initial Reports of the DSDP.* Wash.: U.S. Govern. Print. Office, 1980. — Vol. 55. — P. 5–11.

Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, Киев
E-mail: mssstesha@ukr.net; morozenko@univ.kiev.ua

Рецензент — д-р геол.-минерал. наук В.Х. Геворкьян