

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

**А. В. Омельчук**

**РУДНЫЕ КОРКИ СЕВЕРНЫХ ПОДВОДНЫХ ГОР ИМПЕРАТОРСКОГО ХРЕБТА (ТИХИЙ ОКЕАН)**

**A. V. Omelchuk**

**ORE CRUSTS OF NORTHERN SUBMARINE MOUNTAINS OF THE EMPEROR RIDGE (PACIFIC OCEAN)**

Розглядаються рудні утворення підводних гір північної частини Імператорського хребта в Тихому океані у вигляді залізомарганцевих кірок з високим вмістом Co, Ni, Mo. Визначено умови їх утворення, хімічний склад, просторова приуроченість до зон поствулканічної діяльності. За даними, що отримані за допомогою глибоководного населеного апарату, найбільш високі концентрації рудних елементів спостерігалися на підводних горах, розташованих в межі широт 37–41° пн. ш.

*Ключові слова:* рудні кірки, підводні спостереження, гайоти, поствулканічна діяльність, концентрація рудних елементів.

Рассматриваются рудные образования подводных гор северной части Императорского хребта в Тихом океане в виде железомарганцевых корок с высоким содержанием Co, Ni, Mo. Определены условия их образования, химический состав, пространственная приуроченность к зонам поствулканической деятельности. По данным, полученным с помощью глубоководного обитаемого аппарата, наивысшие концентрации рудных элементов отмечены на подводных горах, расположенных в полосе широт 37–41° с. ш.

*Ключевые слова:* рудные корки, подводные наблюдения, гайоты, поствулканическая деятельность, концентрация рудных элементов.

The author considers the ore formations of the submarine mountains in the northern part of the Emperor Ridge (Pacific Ocean) as iron-manganese crusts of high Co, Ni, Mo contents. The forming conditions, chemical composition, spatial distribution to the post volcanic active zones were established. According the data of the manned submarine vehicles, the highest ore element concentrations are observed on the submarine mountains in the latitudes 37–41 NL.

*Keywords:* ore cores, submarine observations, guyots, post volcanic activity.

**ВВЕДЕНИЕ**

Императорские горы относятся к внерифтовым хребтам открытой части океана. Изучение их строения, рельефа, состава коренных пород, осадочного чехла является одной из важных задач современных морских геологических исследований. Тем более, что с такими структурами связаны рудопроявления в виде кобальт-марганцевых корок, фосфоритов, железомарганцевых конкреций, фосфатизированных известняков, а также промышленные скопления гидробионтов. Вопрос формирования и развития Императорского хребта до настоящего времени является предметом дискуссий. Не вызывает сомнений лишь вулканогенная природа хребта. Однако существуют разногласия в объяснении его линейности, в наличии или отсутствии сводового поднятия, на котором сформировалась вулканогенная толща.

Происхождение и развитие Императорского хребта тесно связано с окружающими структурами и всей северо-западной части Тихого океана. Вулканизм хребта накладывается на

древний вулканический комплекс обширной Северо-Западной провинции [4]. Установлено, что фундамент в пределах этого региона сложен, в основном, метаморфическими и магматическими породами палеозойского возраста. На эродированной поверхности фундамента залегают вулканогенная толща платобазальтов. Образование этой формации происходило в юре. Позднее, в мелу и палеогене, в результате субаэральной вулканической деятельности образовались Императорские горы [1]. Хребет вытянут в субмеридиональном направлении от поднятия Обручева на севере до северо-западной оконечности Гавайского хребта на юге и имеет протяженность более 1200 км от 30 до 52° с. ш. (рис. 1). Разделяет северную часть Тихого океана на два крупных тектонических элемента дна: Северо-Западную и Северо-Восточную абиссальные плиты. Хребет состоит более чем из 20 крупных, в основном плосковершинных гор и десятка мелких, образование которых происходило, вероятно, при раскрытии боковых каналов магматических очагов. По на-

**РУДНЫЕ КОРКИ СЕВЕРНЫХ ПОДВОДНЫХ ГОР ИМПЕРАТОРСКОГО ХРЕБТА (ТИХИЙ ОКЕАН)**

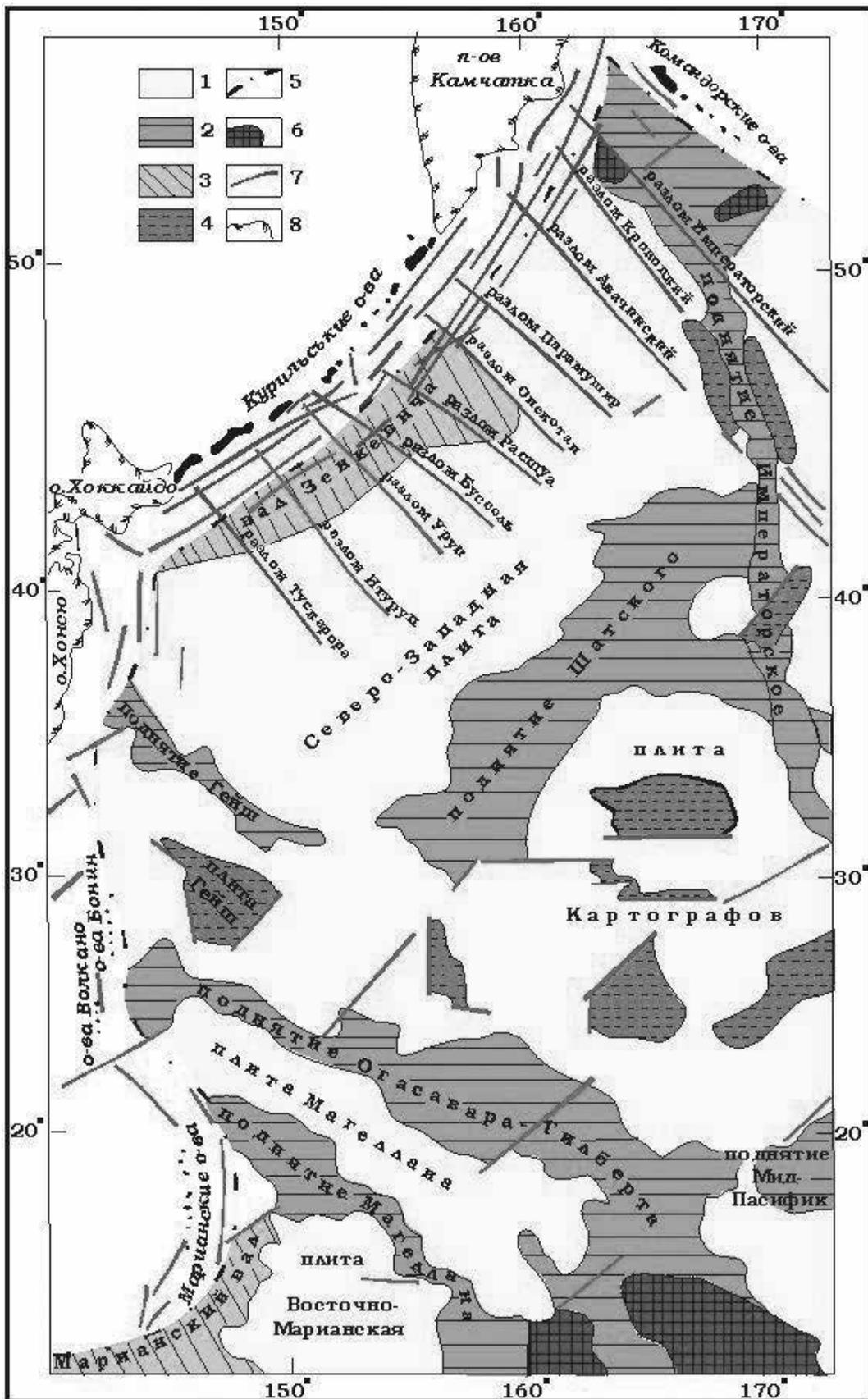


Рис. 1. Тектоническая схема северо-западной части Тихого океана  
 1 — океанические плиты; 2 — геоантиклинальные поднятия; 3 — краевые валы; 4 — переуглубленные впадины; 5 — глубоководные желоба; 6 — горстовые блоки; 7 — разломы и разломные зоны первого порядка; 8 — границы структурных элементов

шему мнению, Императорские горы являются единой тектоно-вулканической структурой, ее развитие шло дифференцировано, что нашло отражение в морфологии отдельных участков. Северный блок опущен относительно южного на глубину более 1000 м. Его геологическое строение и рудоносность могут быть рассмотрены отдельно от южной половины структуры.

#### МЕТОДЫ И ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЙ

К северной части хребта относятся такие крупные гайоты, как Тенчи, Папанина, Джимму, Суйко, Нинтоку, Оджин, Джингу, Лира. Перечисленные горы занимают пространственное положение от 37 до 50° с.ш. Особенности их геологического строения определялись по результатам детальных полигонных исследований, в том числе и с применением глубоководного обитаемого 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 железо-марганцевыми корками с высоким содержанием кобальта и никеля. По результатам погружений осуществлялись направленные драгировки, опробование проводилось также непосредственно 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 рудные корки нескольких подводных гор, в том числе г. Лира, Оджин, Нинтоку, Суйко — в северной части хребта. Использовались также данные, полученные глу-

боководным бурением на четырех подводных горах [7].

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 рудных корок на вершине и, особенно, на склонах горы.

Подводная гора Оджин расположена на 38° 00' с.ш. и 170° 30' в.д. Это крупный гайот, вершина которого находится на глубине 1100 м ниже поверхности океана. Площадь вершинного плато 2200 км<sup>2</sup> (табл. 1). 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 на-

Таблица 1. Размеры гайотов северных подводных гор Императорского хребта

Гайот	Глубина вершины (м)	Площадь вершины (кв. км)	Глубина у основания (м)	Высота гайота (м)	Генеральное простирание (°)
Суйко	1320	5000	6120	4800	339
Сага	1280	470	5120	3840	038
Шова	1460	850	5670	4210	035
Йомей	940	1390	5490	4550	038
Нинтоку	1100	4040	6040	4940	036
Джингу	940	310	5850	4910	022
Оджин	1100	2200	5850	4750	326
Найниджи	1280	1100	5480	4200	335
Годайго	1640	1200	5120	3480	322

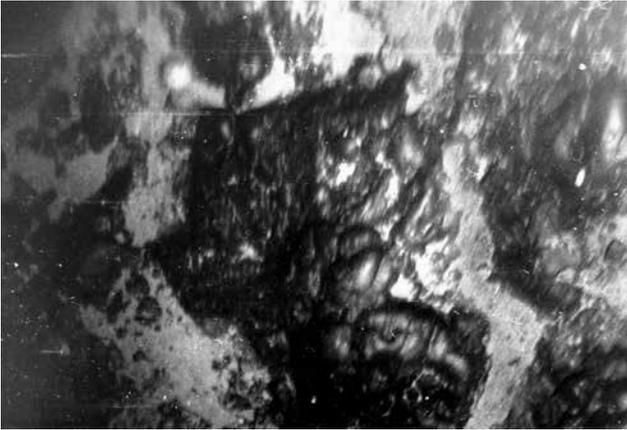


Рис. 2. Рудные корки подводной горы Оджин, глубина 1150 м

блюдений, 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 1–1,5 м. Верхняя часть склона характеризуется наличием протяженных гряд, параллельных друг другу, сложенных выветрелыми базальтами.

Вторично измененные породы представлены рудными корками (рис. 2), 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 3–4 см) на выступах вулканогенного фундамента. Но самые мощные корки 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 Нинтоку находится на 41° 00' с.ш. и 170° 30' в.д. и является одним из крупнейших гайотов Императорского хребта высотой 4940 м. Морфология горы определяется линеаментами северо-восточного (26°, 38°) простирания. Отмечено также направление северо-запад — 315°. Глубина вершины находится на 1100 м. По наблюдениям из подвод-

ного аппарата, вершинное плато представляет собой плоскую слаборасчлененную равнину. Выходы коренного фундамента, сложенного базальтами щелочного состава, покрытыми железо-марганцевыми натечками, представлены невысокими грядами (до 1,5 м) субмеридионального простирания. В верхних частях склона встречаются тектонические уступы, в пределах которых также широко развиты корки толщиной до 5–6 см, увеличивающие мощность в зонах перегиба до 10–12 см.

Подводная гора Суйко, расположенная на 45° 00' с.ш. и 170° 00' в.д., представляет собой гайот, имеющий обширную плоскую вершину площадью более 5000 км<sup>2</sup>, 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, линеаментами северо-западного — 339–346° и, в меньшей степени, северо-восточного — 60–70° простирания. Вершина сложена базальтами щелочного состава, представленными протяженными грядами высотой до 30 м. Простирание этих гряд совпадает с генеральным простиранием склона всего гайота — 340–345°. Ширина понижений между выходами базальтов колеблется от 20 до 200 м.

Вторично измененные породы представлены рудными корками, приуроченными к коренным выходам базальтов и развитыми как на вертикальных стенках уступов, так и на субгоризонтальных поверхностях обнажений. Средняя толщина корок 3–5 см, но в зонах протяженных трещин увеличивается. Максимальная толщина корок достигает 10 см.

#### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Рудные корки, обнаруженные на подводных горах Императорского хребта (табл. 2), представляют интерес не только в связи с железомарганцевым оруденением (до 68% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и до 37% MnO), но и высокими содержаниями Со (до 0,7%), Ni (до 1,1%), Мо (0,12%), Ва (0,24%). Внешне корковые образования имеют вид почкообразных наплывов, сглаживающих неровности микрорельефа. Более тонкие налеты заполняют трещины в породах. Характерно, что рудные корки распространены как на базальтах северных гор хребта, так и на рифогенных известняках южной его части, имея здесь меньшую мощность. Ниже приво-

Таблица 2. Концентрация микроэлементов в кобальт-марганцевых корках северных подводных гор Императорского хребта. Атомно-абсорбционный анализ (в пересчете на %)

Элемент	Названия подводных гор							
	г. Суйко	г. Нинтоку			г. Оджин	г. Лира		
	№ пробы							
	33-9	36-4	35-1	35-3	37-2а	38-1	38-2а	38-2
Cu	0,024	0,022	0,040	0,036	0,078	0,060	0,050	0,035
Zn	0,055	0,047	0,047	0,051	0,100	0,110	0,081	0,049
Pb	0,13	0,25	0,23	0,23	0,11	0,18	0,23	0,22
Co	0,21	0,51	0,57	0,58	0,48	0,51	0,41	0,71
Ni	0,14	0,40	0,39	0,45	1,10	0,94	0,78	0,46
Cr	0,004	0,004	0,005	0,003	0,075	0,004	0,003	0,005
V	0,082	0,090	0,085	0,084	0,077	0,073	0,073	0,079
Cd	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0110	0,0100	0,0004	0,0004
Sr	0,15	0,16	0,16	0,17	0,12	0,12	0,14	0,15
Ba	0,120	0,100	0,100	0,100	0,240	0,170	0,130	0,083
Rb	0,0003	0,0002	0,0003	0,0002	0,0012	0,0005	0,0005	0,0002
Cs	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
Mo	0,078	0,0100	0,100	0,090	0,090	0,120	0,120	0,100

дится описание наиболее характерных образцов железомарганцевых корок.

На западном склоне подводной горы Лира 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.

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 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 почко-

видной 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.

По данным подводных наблюдений наиболее мощные рудные корки (до 10–12 см) приурочены к коренным породам протяженных зон тектонических уступов и понижений в верхних частях склонов подводных гор. Анализ полученных материалов показал, что коренные породы подводных гор Императорского хребта отличаются относительным постоянством состава и представляют собой базальты, андезитобазальты, отмечены также осадочные породы — рифогенные известняки и конгломераты.

Большая часть пород, слагающих подводные горы Императорского хребта, подвержена вторичным изменениям, среди которых наибо-

лее 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 субаэральную стадию развития подводных гор и на более поздних этапах, связанных с постепенным погружением структуры.

#### ВЫВОДЫ

В результате исследования полученных материалов можно сделать вывод о том, что корковые образования северных подводных гор Императорского хребта представляют собой комплексные руды Fe, Mn, Ni, Co, Mo. Например, в сульфидных медно-никелевых месторождениях богатыми считаются руды с содержанием Ni — 1% и более, Co — 0,5%. В корках, полученных нами, содержание Ni — от 0,14 до 1,10%, Co — от 0,21 до 0,71%.

Также анализ вещественного состава корок 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 [5]. 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 [2]. Подобные результаты по Ni и Co отмечены и в сравнении состава корок Императорского хребта и железомарганцевых конкреций подводного поднятия Сьерра-Леоне в Атлантическом океане [3].

Следует также отметить, что содержания Ni и Co в коренных базальтах Императорского хреб-

та 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.) [6]. Наибольшей толщины рудные корки приурочены к зонам перегибов склона, трещиноватости, тектоническим уступам и другим подобным морфоструктурам, что было установлено подводными наблюдениями. Наивысшие концентрации рудных элементов отмечены на подводных горах Лира, Оджин и Нинтоку, расположенных в полосе широт 37–41° с. ш. Далее к северу содержания полезных компонентов уменьшаются.

1. *Васильев Б.И.* Основные черты геологического строения северо-западной части Тихого океана / Васильев Б.И. — Владивосток, 1988. — 191 с.
2. *Гасик М.И.* Железомарганцевые конкреции Мирового океана: юрисдикция, геология, геохимия, металлургия / Гасик М.И. // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. — 2005. — №1. — С. 34–50.
3. *Геворкьян В.Х.* Геологические аспекты биологической продуктивности океана / Геворкьян В.Х., Чугунный Ю.Г., Сорокин А.Л. // Мурманское книжное издательство, 1990. — 186 с.
4. *Маракушев А.А.* Рудно-петрологические комплексы Тихого океана / Маракушев А.А., Моисеенко В.Г., Сахно В.Г., Тарарин И.А. — Владивосток, 2005. — 296 с.
5. *Рой С.* Месторождения марганца / Рой С. — М.: Мир, 1986. — 520 с.
6. *Тектоника северо-западной части Тихого океана.* — М.: Наука, 1983. — 118 с.
7. *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project.* — Washington. — D.C.: U.S. Govern. Print. Office, 1980. — Vol. 55. — 868 p.

Киевский национальный университет  
имени Тараса Шевченка, Киев  
E-mail: msstesha@ukr.net