

УДК 551.35:551.462.62:551.242.24

В. Х. Геворкьян

РУДОНОСНОСТЬ ПОДВОДНЫХ ГОР И ПОДНЯТИЙ ВНЕРИФТОВОЙ ЗОНЫ ОТКРЫТОГО ОКЕАНА

V. Kh. Gevorkian

THE ORE PRESENCE IN THE SUBMARINE MOUNTAINS AND UPLIFTS IN THE OFF-RIFT ZONE OF THE OPEN OCEAN

Теоретичні розробки про процеси накладеного літогенезу, обумовленого потоками глибинних флюїдів по тектонічно активних зонах, виконані в Інституті геологічних наук НАН України, дозволили із принципово нових позицій підійти до оцінки рудоносності ложа Світового океану. Було встановлено, що в межах підводних гір і піднятих, виявлених у відкритих глибоководних частинах Атлантичного, Індійського і Тихого океанів, за межами рифтової зони, на величезних площах широко розвинені скупчення нового типу марганцевого зруденіння: кобальт-марганцеві конкреційно-коркові дуже міцні утворення, потужністю до 20 см і більше. У їх складі виявлено високі вмісти нікелю, золота, платини. Залягають на глибинах від 200 до 1200 м і, як правило, перебивають суцільним плащем корінні породи підводних гір, представлених, головним чином, фосфатизованими вапняками з вмістом діоксиду фосфору 30% і більше. Візуально простежена з підводного населеного апарата потужність зони фосфатизації перевищує 1200 м. З фосфоритами пов'язано уранове і баритове зруденіння, вказаних породах виявлений підвищений вміст срібла й золота. Крім того, на відносно невеликих глибинах виявлено металоносні осади, що містять хром, ванадій, титан, молібден, цирконій.

Ключові слова: глибинні флюїди, рудоносність, марганцеве зруденіння, металоносні осади, фосфорити.

Теоретические разработки о процессах наложенного литогенеза, обусловленного потоками глубинных флюидов по тектонически активным зонам, выполненные в Институте геологических наук НАН Украины, позволили с принципиально новых позиций подойти к оценке рудоносности ложа Мирового океана. Было установлено, что в пределах подводных гор и поднятий, выявленных в открытых глубоководных частях Атлантического, Индийского и Тихого океанов за пределами рифтовой зоны, на огромных площадях широко развиты скопления нового типа марганцевого оруденения: кобальт-марганцевые конкреционно-корковые очень крепкие образования, мощностью до 20 см и больше. В их составе выявлены высокие содержания никеля, золота, платины. Залегают на глубинах от 200 до 1200 м и, как правило, перебивают сплошным плащом коренные породы подводных гор, представленные, главным образом, фосфатизированными известняками с содержанием диоксида фосфора 30% и больше. Визуально прослеженная из подводного населенного аппарата мощность зоны фосфатизации превышает 1200 м. С фосфоритами связано урановое и баритовое оруденение, в указанных породах выявлено повышенное содержание серебра и золота. Кроме того, на относительно небольших глубинах выявлены металлоносные осадки, которые содержат хром, ванадий, титан, молибден, цирконий.

Ключевые слова: глубинные флюиды, рудоносность, марганцевые оруденения, металлоносные осадки, фосфориты.

Theoretical notions on the processes of superimposed lithogenesis that is caused by flows of deep-originated fluids (elaborations of the Institute of Geological Sciences, NAS of Ukraine) enabled to develop principally new positions in the assessment of the ore presence on the oceanic bottom. It is recognized that in the margins of submarine mountains and uplifts those were discovered in the open deep-water parts of the Atlantic, Indian and Pacific Oceans, beyond the rift zones, the accumulations of new type of ore presence are found. They are cobalt-manganese concretion-crustal formations, very firm; their thickness is 20 cm and over. The occurrence depth ranges between 200 and 1,200 m; as a rule they are the cover of bed rocks of the submarine mountains; the latter are composed mainly by phosphatized limestone with phosphorous dioxide content 30% and over. The visual observations from a manned submarine vehicle show that the thickness of the phosphatization zone is over 1,200 m. The uranium and barite ore presence is connected with the phosphorites, also a higher content of nickel, gold and silver is recognized in the rocks mentioned above. Besides, metal-bearing deposits occur at the relatively small depth, which contain chromium, vanadium, titanium, molybdenum, and zirconium.

Keywords: deep fluids, ore presence, manganese ores, metal-bearing sediments, phosphorites.

Вторая половина прошлого столетия характеризуется резким ростом промышленного производства и, соответственно, ростом потребления минерального сырья, особенно углеводородов, сырья для металлургии, химии, сельского хозяйства и других отраслей промышленности.

Несмотря на увеличение объемов поисковых и разведочных работ на континентах, от-

крытие новых месторождений сократилось, а темпы прироста запасов минерального сырья часто не отвечали требованиям горнодобывающего комплекса. Многие месторождения были полностью выработаны, либо находились на стадии, близкой к истощению. Перед промышленностью замаячила перспектива полного истощения минерально-сырьевых ресурсов

континентальной суши, что заставило обратить внимание на просторы океана, на две трети покрывающего поверхность Земли.

Однако первые результаты исследовательских экспедиций были не столь обнадеживающими, как это предполагалось; вся глубоководная зона открытого океана была признана безрудной и эти представления существуют до настоящего времени. Исключение составили: континентальный шельф, являющийся частью континентальных структур, и глубоководные поля развития железомарганцевых конкреций зоны разломов Кларин – Клиппертон.

В сложившейся ситуации, по инициативе прибрежных государств, заинтересованных в защите и сохранении минеральных и биологических ресурсов, прилегающих к континенту шельфовых акваторий, была принята Международная конвенция по морскому праву и введены 200-мильные «исключительные экономические зоны» [1].

В соответствии с конвенцией: «Прибрежное государство в исключительной экономической зоне имеет: а) суверенные права в целях разведки, разработки и сохранения природных ресурсов как живых, так и неживых, находящихся на дне, в его недрах и покрывающих водах, а также в целях управления этими ресурсами, и в отношении других видов деятельности по экономической разведке и разработке указанной зоны» [1 (ст. 56)].

Фактически состоялся первый раздел океана на сферы экономических интересов, который коснулся пока только преимущественно шельфовой зоны. Открытый океан остался свободным для научно-исследовательских работ.

Однако в рамках выполнения решений Международной конвенции по Морскому праву был создан специальный Орган (Комитет) при Международной океанографической комиссии (МОК) ЮНЕСКО, в задачи которого входят вопросы регулирования интересов морских (и не морских) государств в выделении участков морского дна открытого океана, которые могут представлять интерес для извлечения минерального сырья, а также вопросы экологии, безопасности плавания и юридическое обеспечение проводимых геолого-геофизических научно-исследовательских работ и промышленных разработок.

Объективно оценивая указанные решения МОК, можно полагать, что они являются подготовкой к разделу океана на сферы влияния,

прежде всего в интересах таких держав как США, Япония, Бразилия и некоторых Африканских государств.

Первым, и пока единственным, таким участком, официально закрепленным на международном уровне Океанографической комиссией ЮНЕСКО за рядом государств (США, СССР, Японии, Австралией и другими), была рудоносная зона развития марганцевых конкреций Кларин – Клиппертон, расположенная в северной части Тихого океана.

Как показали исследования указанной зоны, глубоководные залежи железомарганцевых конкреций залегают на поверхности дна. Запасы их на порядок превышают все известные запасы марганцевых руд континентов. Однако серьезным препятствием в освоении этого месторождения является большая глубина океана (до 6 км): до настоящего времени не разработана технология извлечения металлического марганца и сопутствующих компонентов из рыхлой субстанции конкреций. Важнейшей проблемой освоения этого месторождения является охрана окружающей глубоководной среды, весьма чувствительной к малейшим изменениям гидрологических параметров.

Тем не менее, исследования этой конкреционной области продолжают, она рассматривается как полигон для опробования новых технических средств по освоению глубокого океана и технологических разработок. Так, в Японии для этих целей строится глубоководный обитаемый аппарат, специализированное исследовательское судно.

В советский период активное участие в работах по освоению указанного месторождения и технологии переработки исходного сырья принимали специалисты различных научно-исследовательских организаций Украины: Институт коллоидной химии и химии воды, Львовский университет, Донецкий физико-технический институт. С целью разработки технологии добычи глубоководных конкреций в Украине в Днепропетровске был создан специализированный научно-производственный исследовательский институт «Океанмаш», разрабатывающий средства добычи океанических полезных ископаемых. Отметим, что ряд технологических схем был доведен до создания опытных образцов добычных устройств, но, в связи с распадом Советского Союза, эти работы были фактически прекращены.

Несмотря на весьма существенный вклад Украины в проблему освоения ресурсов глубокого океана, официальные органы Российской Федерации на основании того, что РФ является правопреемником достояния Советского Союза, отказались предоставить Украине участки для проведения дальнейших исследований в зоне Кларифон – Клиппертон. Новых заявок на отдельные перспективные участки морского дна пока не поступало, что объясняется как довольно значительными финансовыми расходами, так и сложностью количественного определения запасов рудного вещества и соответствия его принятым кондиционным параметрам.

Необходимо отметить, что в последние десятилетия прошлого столетия представления о рудоносности океана были расширены за счёт открытия гидротермальных скоплений сульфидных руд и металлоносных осадков, которые весьма локализованы, часто расположены в пределах экономических зон прибрежных государств. Исключением является открытие Е.Ф. Шнюковым многослойных скоплений железомарганцевых конкреций в центральной части Индийского океана. Однако обширные области открытого океана, вне рифтовых зон и континентального шельфа, до настоящего времени считаются безрудными и бесперспективными для поисков полезных ископаемых.

Теоретические разработки, которые базируются на представлениях о потоках глубинных флюидов в верхние слои литосферы, позволили с принципиально новых позиций подойти к оценке рудоносности ложа Мирового океана.

Было установлено, что в пределах подводных гор и поднятий, выявленных в открытой части Атлантического, Индийского и Тихого океанов, за пределами рифтовой зоны, на огромных площадях широко развиты скопления нового типа марганцевого оруденения: кобальт-марганцевые конкреционно-корковые очень крепкие образования, мощностью до 20 см и более. В их составе обнаружены высокие содержания никеля, золота, платины. Залегают на относительно небольших глубинах: от 200 до 1200 м и, как правило, перекрывают сплошным плащом коренные породы подводных гор, представленными, главным образом, фосфатизированными известняками с содержанием диоксида фосфора до 30% и более. Визуально прослеженная из подводного обитаемого аппарата мощность зоны фосфатизации превышает 1200 м. С фос-

форитами связано урановое и баритовое оруденение, выявлено присутствие в указанных породах повышенных содержаний серебра и золота. Кроме того, на тех же глубинах обнаружены металлоносные осадки, содержащие хром, ванадий, титан, молибден, цирконий.

Формирование океанических рудных скоплений открытого океана связывается с потоками эндогенного вещества по тектонически активным разломным зонам, которые в рельефе океанического дна морфологически выражаются протяжёнными хребтами, отдельными подводными горами и обширными поднятиями. Причем, количество глубинного вещества сравнимо, а по выполненным нами предварительным расчетам значительно превышает терригенный снос и растворы, поступающие с континентов в океан. Энергетический потенциал глубинных флюидов сравним с энергетикой солнечного излучения.

Глубинное вещество поступает в водную толщу океана в виде жидкостно-газовых смесей, причём жидкая фаза, как правило, представляет собой высоко минерализованные растворы, несущие весьма разнообразный комплекс рудных и биологически активных элементов. О количественной стороне такого потока рудного эндогенного материала можно судить по деятельности одного из газогидротермальных источников группы подводных гор Марианских островов, где в водную толщу в сутки поступает не менее 13 т Fe, около 3 т Zn, 2 т Cu и 0,2 т Ni. Концентрация железа в глубинном теплоносителе в среднем составляет 100 мг/литр, а концентрации SiO₂ в виде H₂SiO₄ варьируют в пределах 400–1700 мг/литр.

Вполне очевидно, что процесс поступления флюидов в водную толщу должен был сказаться на изменении гидрохимического режима океана, чего не наблюдается, как минимум, за последние 300 млн лет. Это обусловлено буферной деятельностью биоса, который выводит избыточное количество вещества из гидрохимического оборота, переводя его в осадок в виде рудных скоплений.

Формирование потоков флюидов обусловлено как вулканическими, так и поствулканическими явлениями, которые происходят в результате действий тектонических процессов в верхних горизонтах астеносферы и внедрении в осадочную толщу магматических пород.

Так, при детальном обследовании с помощью подводного обитаемого аппарата

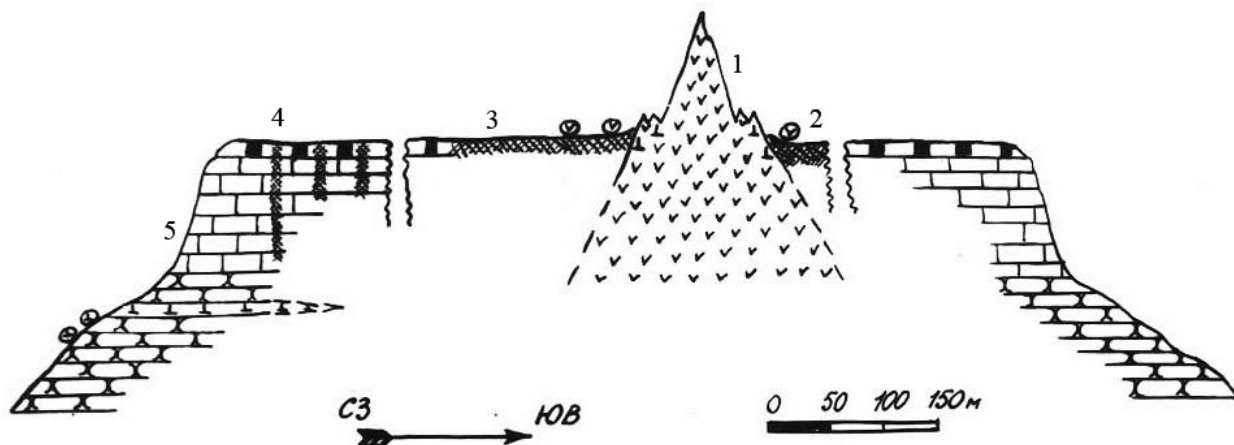


Рис. 1. Схематический геологический разрез вершины и верхней части склонов подводной горы Профессора Месяцева (хребет Наска)

1 — базальтовый шток, 2 — обломки основных пород, 3 — марганцевая корка, 4 — омарганцевание по трещинам, 5 — фосфатизированные известняки

«Север-2» плосковершинной подводной горы Месяцева (хребет Наска, юго-восточная часть Тихого океана), в её центральной части был обнаружен конический ступенчатый шток чёрной монолитной породы, высотой до 5 м (рис. 1). В основании штока залегают продукты его разрушения, представленные обломками различной размерности. Поднятые образцы однозначно свидетельствуют, что шток сложен базальтом.

Примерно в радиусе 50 м от базальтового внедрения, на поверхности подстилающих пород (известняков), развита монолитная марганцевая корка. К краям вершинного плато омарганцевание происходит, главным образом, по трещинам в известняках, слагающих основную массу подводной горы. Известняки в различной степени фосфатизированы вплоть до полного замещения карбонатной матрицы фосфатом. Продукты разрушения фосфатизированных известняков вершинной части подводной горы накапливаются на глубине 400 м на абразионном уступе в виде скопления плитчатых обломков размером до 1 м в диаметре (рис. 2). Визуально мощность фосфатизации превышает 700 м.

Необходимо указать, что изучение рудоносности подводных гор и поднятий открытого океана проводилось одновременно с выявлением зон повышенной биологической продуктивности на больших глубинах. Как показали наши исследования, эти явления взаимно связаны и наличие «оазисов жизни» вне шельфовых зон может служить показателем наличия рудных скоплений.

Такие участки ложа океана, со значи-



Рис. 2. Подводная фотография скопления обломков фосфоритов на абразионном уступе подводной горы Месяцева. Глубина 400 м

тельными скоплениями рудного вещества, обнаружены на глубоководных хребтах: Ян-Майен, Китовом, Вавилова, Угловом поднятии, Ньюфаундленских подводных горах, включая подводную гору Алтайр, Южно-Азорскую группу подводных гор, обширное поднятие Сьерра-Леоне. Сульфидные проявления на подводных горах Карибского региона, гигантские железомарганцевые конкреции в антарктическом секторе Атлантического океана. В Индийском океане подтверждена высокая степень рудоносности Западно-Индийского и Западно-Австралийского хребтов, хребта Экватор. В Тихом океане нами изучались хребты Наска, Императорский, Маркус-Неккер, поднятие Пасхи (рис. 3).

Вполне понятно, что выявленные рудопроявления — это лишь незначительная часть

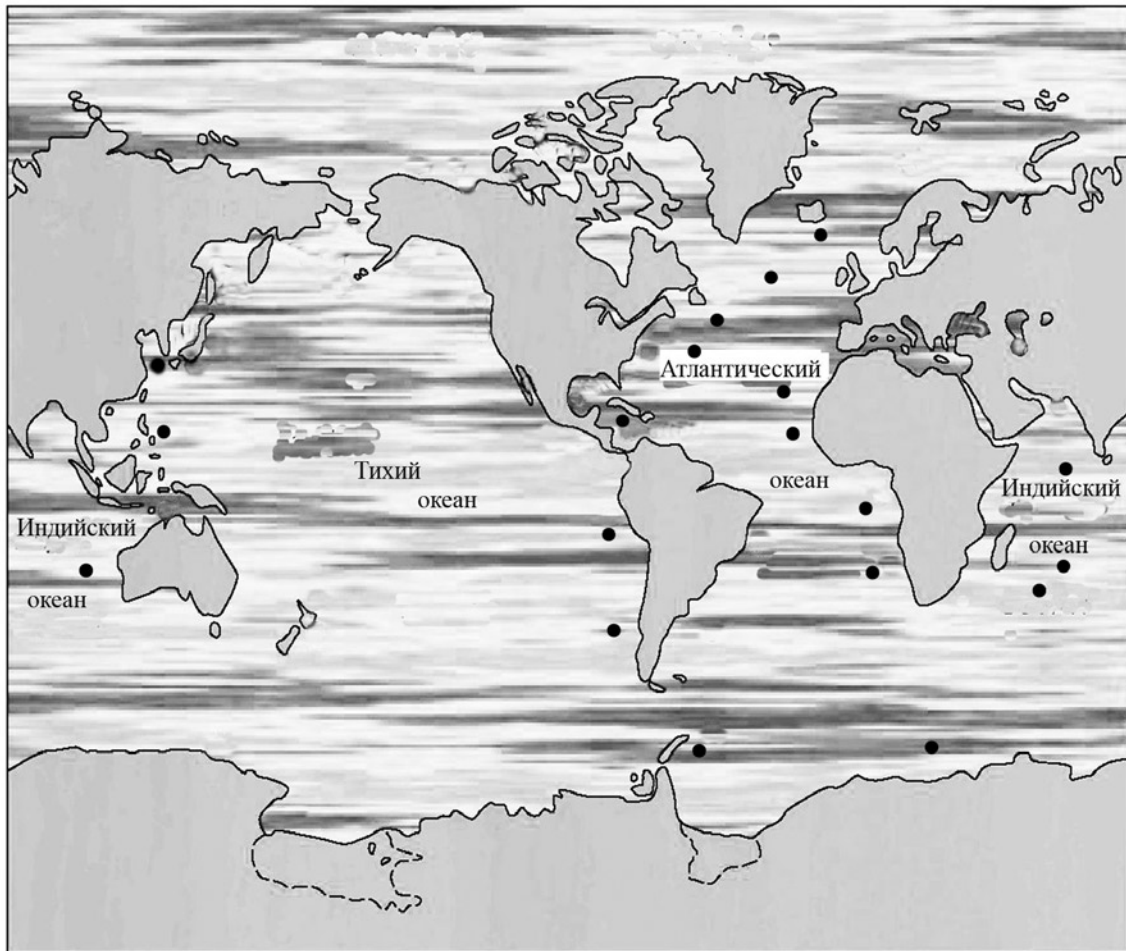


Рис. 3. Схема расположения некоторых рудоносных районов в Мировом океане

огромных резервов минеральных ресурсов открытого океана. Мы полагаем, что рано или поздно Украина, как морская держава, имеющая мощный научно-производственный потенциал и опыт работы в создании средств добычи морских полезных ископаемых, присоединится к пулу государств, занимающихся проблемой освоения минеральных ресурсов океана.

Одним из наиболее перспективных районов для возможной промышленной эксплуатации океанических рудных отложений, находящихся вне экономических зон прилегающих прибрежных государств, по нашему мнению, является район поднятия Сьерра-Леоне в центральной части Атлантики.

Основанием для этого послужили следующие обстоятельства: 1) наличие комплекса рудного сырья — фосфоритов, железомарганцевых корок мощностью 20–25 см; мелководных конкреций; 2) относительно небольшая глубина залегания рудных слоев, залегающих на глубинах 500–1200 м; 3) высокие содержания рудных компонентов, в частности — P_2O_5 до 38%; MnO — до 29%; Co — до 1%; Ni — до 1,5%.

Поднятие Сьерра-Леоне занимает огромную территорию, примерно 500×500 км (по изобате 4100 м), и в плане имеет форму довольно правильного квадрата, что позволяет предположить тектоническую природу границ поднятия, основание которого проявляется на батиметрических схемах и профилях эхолотного промера примерно с глубин 4500 м.

Расположенное в экваториальной зоне Атлантического океана поднятие является изолированной структурой, отделенной от Африканского континента на востоке и горных сооружений Срединно-Атлантического хребта на западе глубоководными желобами и разделяющей котловины Восточной Атлантики на южный и северный глубоководные бассейны (котловины Зеленого мыса, Либерийскую, Гвинейскую, Сьерра-Леоне).

Западное продолжение Гвинейской тектонической зоны разделяет поднятие на северную и южную части. Северная, более высокая часть, осложнена системой подводных гор с глубинами до 500 м и менее, в целом имеющих северо-восточное простирание, совпада-

ющее с простираем складок палеозойских пород побережья Западной Сахары. В этой части шельф Африки расширяется до 500 км, образуя Гвинейское плато, а подножие материкового склона выгибается в запад-юго-западном направлении в сторону поднятия Сьерра-Леоне. До глубин 3500 м основание поднятия выделяется в виде единого блока. На меньших глубинах намечается дифференциация отдельных участков поднятия по морфологическим особенностям.

Наиболее раздроблена северная (северо-западная) часть поднятия, где выявлено более десятка подводных гор, иногда образующих сосредоточенные группы высотой до 3000 м.

Южная (юго-восточная) часть менее раздроблена, и относительная высота подводных гор здесь лежит в пределах 1500–2000 м.

Фосфориты поднятия Сьерра-Леоне представляют собой вторичные образования, возникшие в результате фосфатного метасоматоза первичных карбонатных пород (и, возможно, — осадков). Представлены тремя типами:

скрытокристаллическими монолитными образованиями с реликтами крупной фауны не затронутой процессом фосфатизации (рис. 4, а):

фосфоритами с хорошо сохранившимися органическими остатками первичных известняков, полностью замещённых фосфатом (рис. 5):

брекчированными фосфоритами, сложенными обломками фосфатизированных известняков, сцементированных скрытокристаллическим матриксом (рис. 4, б).

Из общей массы брекчированных фосфоритов были выделены костные остатки, которые, по мнению зоологов, соответствуют фрагментам костей млекопитающих (рис. 6).

Фосфатное вещество представлено преимущественно карбонат апатитом. Содержание P_2O_5 варьирует в пределах 28–32% и зависит от степени фосфатизации исходного вещества (табл. 1). Так, количество неизменённого кальция достигает в отдельных пробах 12–15%. В целом, фосфориты поднятия Сьерра-Леоне характеризуются весьма обеднённым комплексом элементов примесей (табл. 2) и отвечают требованиям к высококачественным фосфорным рудам.

Отметим, что фосфориты приурочены к вершинам подводных гор и, по наблюдениям из подводного аппарата, их мощность достигает десятков метров.

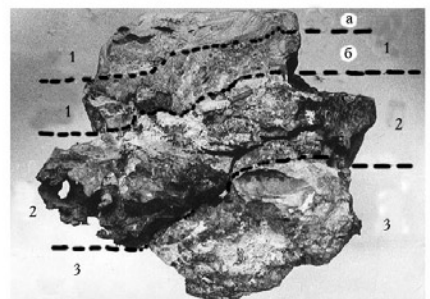
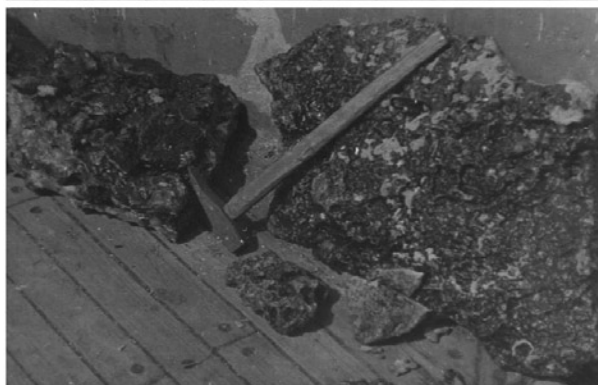
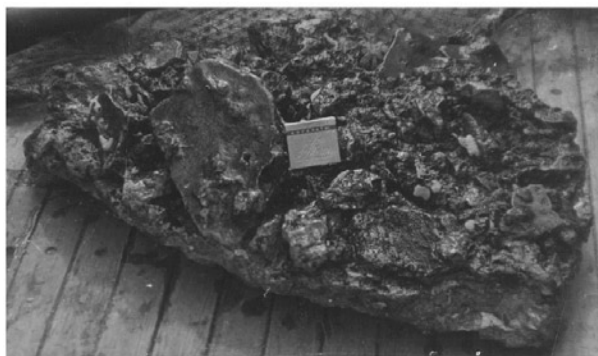


Рис. 4. Плитчатые отдельности фосфоритов на палубе судна

а — монолитные плиты фосфорита брекчированной текстуры размером до 1,5 м: плита; в — фрагмент фосфоритовой плиты слоистой текстуры (толщина 12,5 см): слой 1 — монолитный слой, скрытокристаллическая матрица; 2 — слой сложен мелкими обломками фосфатизированных пород; 3 — слой органогенно-оболочного фосфорита

Наряду с широко развитыми фосфатизированными породами в пределах поднятия были выявлены поля типичных железомарганцевых шаровых конкреций и конкреционно-корковые образований. Последние, как правило, бронирующей коркой локально перекрывают поверхность фосфоритов, сглаживая все неровности поверхности и образуя характерные почковидные налеты: как бы сросшиеся конкреции. Однако наблюдаются случаи, когда марганцевая корка до 3–4 см мощности находится в теле фосфоритов. Наибольшая интенсивность марганцевого оруденения наблюдается в трещинах коренных пород и в виде полей развития

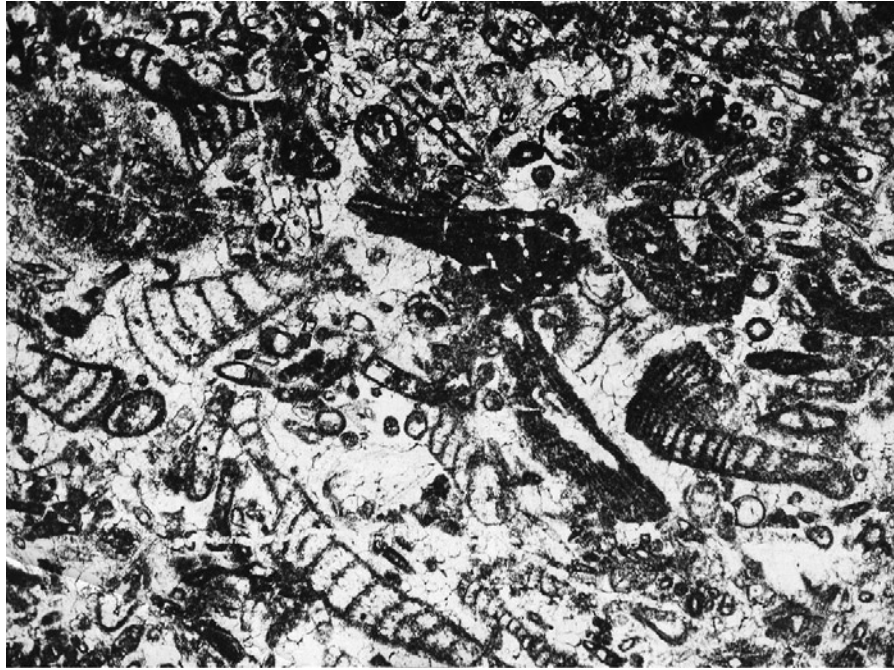


Рис. 5. Шлиф органогенно-обломочного фосфорита

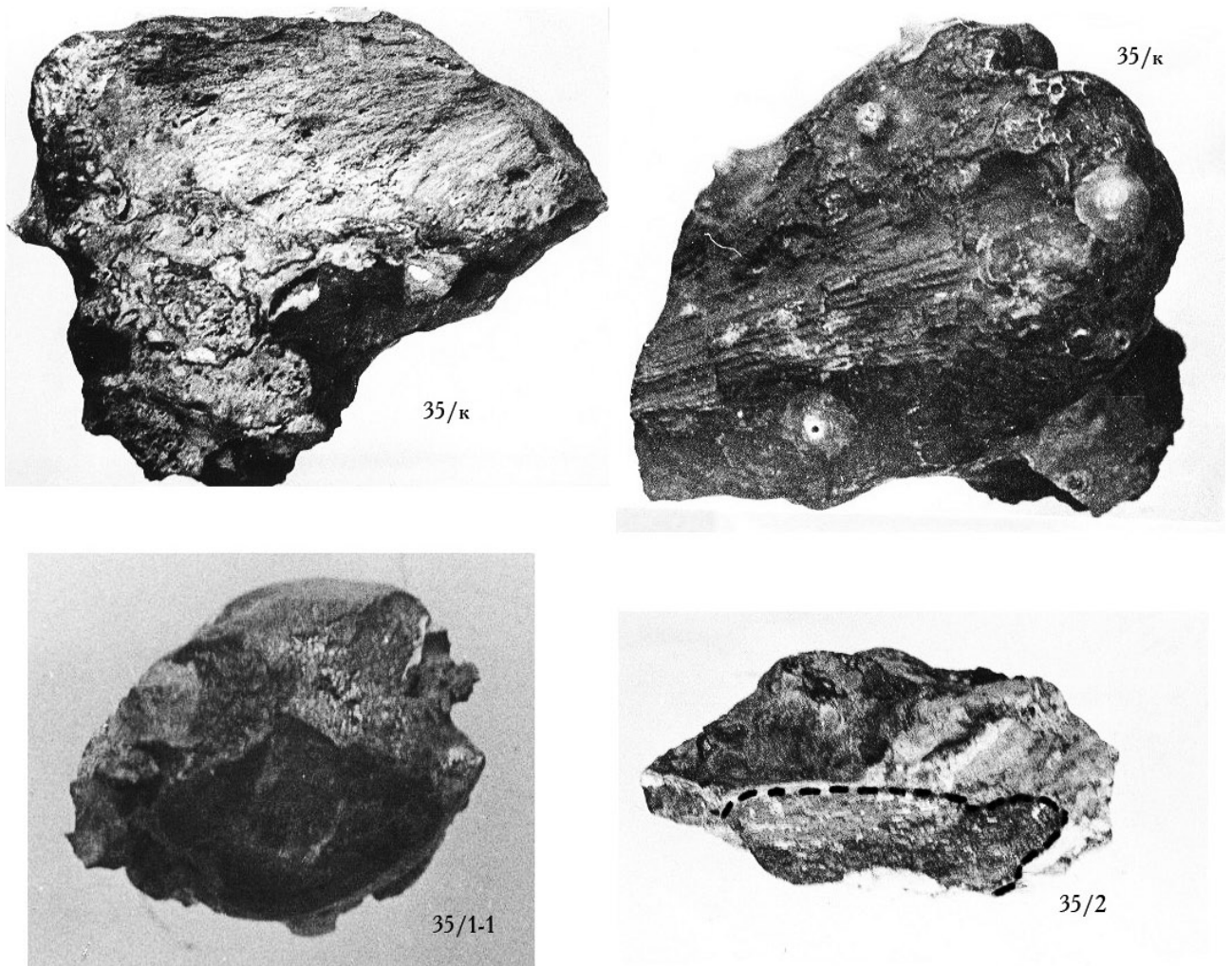


Рис. 6. Фосфатизированные фрагменты суставных и трубчатых частей костей млекопитающих. Размер суставной части — 15 см

Таблица 1. Химический состав фосфатизированных известняков поднятия Сьерра-Леоне

Компонент	32/26	32/100-3	Группа 1		Группа 2		Группа 3	Группа 4
			34/1	34/1-1	34/3	34/4	34/6-1	34/10
	1	2	3	4	5	6	7	8
SiO ₂	0,93	0,76	3,34	2,84	0,15	0,96	0,72	0,90
TiO ₂	0,16	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00
Al ₂ O ₃	0,76	1,39	1,50	1,60	0,50	1,47	1,06	1,80
Fe ₂ O ₃	5,90	0,24	0,70	1,09	1,20	1,43	0,69	0,51
FeO	н/о	0,62	0,62	0,52	0,72	0,72	0,70	0,54
Mn общ.	4,00	0,11	0,24	0,60	0,08	0,56	0,11	0,07
MgO	0,80	0,00	1,03	1,03	0,35	0,11	0,00	0,32
CaO	40,60	51,40	49,00	49,16	51,09	49,30	50,49	50,14
Na ₂ O	0,81	1,05	1,00	1,05	1,12	1,00	1,80	1,60
K ₂ O	0,22	0,00	0,10	0,10	0,00	0,10	0,10	0,15
P ₂ O ₅	27,40	35,36	32,67	31,47	28,10	27,20	32,11	30,40
SO ₃ сул.	н/о	1,34	0,53	1,04	0,81	1,37	1,25	1,45
S	н/о	0,11	0,58	0,43	0,22	0,08	0,60	0,38
п.п.п.	н/о	4,01	4,64	4,42	14,68	6,42	5,42	4,75
H ₂ Oгигр	н/о	0,64	0,76	1,18	0,68	0,40	0,70	0,96
CO ₂ карб	н/о	2,64	3,52	3,52	н/о	8,52	4,40	6,16
C орг.	н/о	0,61	0,55	0,56	н/о	0,90	0,70	0,51
Σ		100,28	100,78	100,61	99,78	100,54	100,82	100,64
Σ испр.		100,23	100,50	100,40	99,67	100,50	100,52	100,46

Продолжение табл.1

Компонент	Группа 5	Группа 6	Костные остатки		Слой 1	Слой 2	Слой 3
	34/13	34/14	34/К	34/К-2	35/1-2	35/1-4	35/1-6
	9	10	11	12	13	14	15
SiO ₂	0,30	0,58	1,04	1,56	0,28	0,98	1,00
TiO ₂	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Al ₂ O ₃	1,13	1,20	2,00	1,40	0,84	1,60	0,32
Fe ₂ O ₃	2,59	0,32	3,69	1,81	0,68	4,46	5,21
FeO	0,90	0,44	0,60	0,60	0,52	0,72	0,72
Mn общ.	0,04	0,04	0,11	0,84	0,42	0,07	0,11
MgO	0,42	0,00	0,00	0,00	0,72	0,36	0,00
CaO	49,73	51,66	47,10	48,72	51,86	47,52	47,46
Na ₂ O	1,65	0,80	1,10	1,00	2,06	1,75	1,60
K ₂ O	0,20	0,00	0,25	0,66	0,00	0,25	0,20
P ₂ O ₅	28,26	35,52	33,65	33,03	29,02	27,84	29,73
SO ₃ сул.	1,20	0,42	0,40	0,39	2,57	1,61	1,41
S	0,31	0,40	0,47	0,44	0,26	0,32	0,54
п.п.п.	11,60	3,60	4,66	5,21	2,83	5,43	4,93
H ₂ O гигр.	1,50	0,58	1,24	0,78	1,12	0,78	0,80
CO ₂ карб.	н/о	3,52	3,52	3,52	7,04	6,16	7,04
C орг.	н/о	0,56	0,70	0,71	н/о	0,51	0,63
Σ	99,86	100,64	100,53	100,67	100,22	100,36	100,70
Σ испр	99,71	100,44	100,30	100,45	100,09	100,20	100,43

1 — ядро конкреции 32/26. Обнаружены V₂O₅ — 0,03 и Cr₂O₃ — 0,02. 2 — обр.32/100-3 — ядро конкреции. 3 — обр. 34/1 — фосфатизированный однородный скрытокристаллический известняк, очищенный образец от марганцевой пленки и органических наростов; валовая проба. 4 — обр. 34/1-1; валовая проба неочищенного образца; 5 — обр. 34/3 — известняк монолитный, однородный; 6 — обр. 34/4 — валовая проба неочищенного образца; 7 — обр. 34/6-1 — проба неочищенного образца; 8 — 34/10 — центр образца, очищенный от примесей; 9 — обр. 34\13 — известняк брекчиевидный, фосфатизированный; 10 — обр. 34/14 — центр образца; 11 — 34/К — кость, перекристаллизованная головка кости и трубчатая часть с тонкой марганцевой пленкой, валовая проба; 12 — обр. 34/К-2 — трубчатая часть кости; 13 — обр. 35/1-2 — первый слой карбонатно-фосфатной тонкослоистой породы, валовая проба; 14 — обр. 35/1-4 — брекчиевидный слой, валовая проба цемента и обломков; 15 — обр. 35/1-6 — средний слой образца (мелкая брекчия).

РУДОНОСНОСТЬ ПОДВОДНЫХ ГОР И ПОДНЯТИЙ ВНЕРИФТОВОЙ ЗОНЫ ОТКРЫТОГО ОКЕАНА

Таблица 2. Содержание малых элементов в фосфатизированных известняках поднятия Сьерра-Леоне

№ лабора-тор.	№ обр.	Компоненты в % – 1000															
		Mn	Ni	Co	Ti	V	Cr	Mo	Zr	Cu	Pb	Be	Sc	Y	Yb	Ba	Sr
613	32/100-3	150	5	2	20	1	—	—	3	1	1	—	—	5	0,2	—	>1000
615	34/1	300	10	10	100	5	5	0,2	7	1	2	—	2	5	0,1	20	100
616	34/К-2	100	5	1	100	5	3	—	7	1	—	—	—	5	0,2	—	200
617	34/4	800	40	20	100	10	5	1	8	2	5	0,1	2	10	1	—	100
618	34\6	100	1	0,5	3	5	5	—	5	0,5	—	—	1	15	0,7	—	200
619	34/10	100	1	0,5	3	2	5	—	5	0,5	—	—	1	8	0,7	—	300
621	34/14	100	1	1	5	2	—	—	3	0,1	1	—	—	2	—	—	200
623	35/1-6	500	5	5	50	80	5	0,4	5	2	5	—	3	15	1	—	200

Спектрально не обнаружены: вольфрам, гафний, тантал, серебро, сурьма, висмут, цинк, кадмий, олово, галлий, германий, торий, мышьяк.

Обр. 32/100-3 — ядро конкреции, фосфатизированный пористый известняк.

Обр. 34/1 — чистый фосфатизированный известняк.

Обр. 34/К-2 — очищенная трубчатая часть кости.

Обр. 34/4 — валовая проба фосфатизированного известняка с марганцевой коркой.

Обр. 34/6 — валовая проба фосфатизированного известняка с марганцевой пленкой.

Обр. 34/10 — очищенный фосфатизированный известняк.

Обр. 35/1-6 — валовая проба мелкобрекчированной породы (средний слой).

Обр. 34/14 — известняк фосфатизированный, центральная часть образца.

железомарганцевых конкреций. Часто рудные корки появляются в виде тончайшей пленки. Кроме того, нет определенной закономерности в росте конкреции на “внешней” или “внутренней (нижней)” поверхностям плит. Корки несут на себе следы деятельности донных организмов: отпечатки мшанок, чехлы червей, кораллов и т.д.

Несмотря на то, что корки резко отличны по морфологии своего проявления от типичных шаровых железомарганцевых конкреций, по составу и строению самой корки они имеют много общего. Рудные корки слоистые и, как в типичных конкрециях, наиболее четко выделяются два слоя корок — внешний и внутренний, полностью аналогичные рудным слоям шаровых конкреций. Мощность корки, как правило, совпадает с мощностью оболочек конкреций.

Химический состав рудных корок (табл. 3) и их элементный состав (табл. 4) также не обнаруживают существенных различий.

Следует отметить, что типичные конкреционные железомарганцевые образования являются довольно редкой формой аутигенной минерализации дна Атлантического океана. Такие находки известны в районе Бермудских островов в Ангольской, Бразильской и др. котловинах Атлантического океана на глубинах до 5000 м в виде микроконкреций. Массовые скопления типичных конкреций на относитель-

но небольших глубинах достаточно редки для всего Мирового океана. Именно такого рода образования были обнаружены на отдельных подводных горах поднятия Сьерра-Леоне.

Как показали непосредственные наблюдения условий залегания конкреций из глубоководного автономного аппарата «Север-2», их скопления находятся на ровной поверхности террас, на глубинах 1000–1160 м (рис. 7), перекрытых глинисто-карбонатными песчаными илами, и локализируются в виде гряд и безрудных полос, меридионально ориентированных и приуроченных к небольшим ложбинам и поднятиям с перепадом высот до 20 см. Расстояние между грядами варьирует от 10 см до 1 м. С уменьшением ширины безрудных полос до 1–3 м увеличивается ширина конкреционных гряд до 15–20 м, которые местами, сливаясь, образуют конкреционные поля, однако при этом сохраняется полосчатая структура поля с общей ориентацией полос и гряд в северном направлении. Отметим, что их простирание подчинено общей меридиональной ориентировке небольших тектонических уступов и ложбин. Визуальная оценка покрытия дна конкрециями составляет примерно 40–50%, а на участках конкреционных полей возрастает до 80%. Отмечается некоторое увеличение размеров конкреций в восточном направлении.

В. Х. ГЕВОРКЬЯН

Таблица 3. Химический состав рудной оболочки марганцевых конкреции и рудных корок поднятия Сьерра-Леоне

Компонент	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
SiO ₂	2,80	4,14	2,28	1,48	2,42	2,50	2,10	2,86	3,48	
TiO ₂	2,04	0,68	5,44	0,54	0,68	0,78	0,65	0,59	0,68	
Al ₂ O ₃	2,11	1,06	0,00	0,63	1,06	2,40	2,20	2,32	2,74	
Fe ₂ O ₃	27,13	23,12	26,82	18,36	27,44	22,00	20,00	28,95	31,96	
MnO*	24,17	23,43	22,50	29,11	22,29	21,50	23,70	21,15	19,17	
MgO	13,00	13,59	12,06	17,00	5,90	2,40	2,30	4,30	7,45	
CaO	4,78	5,28	4,25	4,15	4,48	2,60	2,50	4,09	4,09	
Na ₂ O	1,63	2,13	2,06	2,60	1,82	1,50	1,40	2,73	2,60	
K ₂ O ₅	0,32	0,44	0,35	0,50	0,27	0,44	0,53	0,27	0,35	
P ₂ O ₅	1,05	1,14	0,00	0,45	1,14	1,10	0,94	1,74	1,95	
SO ₃	1,12	0,89	0,66	0,61	0,79	Не определ.		0,69	0,93	
Сульфат	Не определялись									
S	0,13	0,00	0,76	0,33	0,24	Не определ.		0,34	0,00	
ппп	Не опред.									
H ₂ O _{гигр.}	0,50	15,02	15,04	16,36	14,92	Не определ.		13,88	12,00	
CO ₂ _{карб.}	1,76	8,25	8,25	8,25	7,04	Не определ.		7,04	6,16	
C _{орг.}	0,28	Не определялись								
V ₂ O ₅	Не определялись						0,17	0,15	Не опред.	
Cr ₂ O ₃	Не определялись						0,02	0,02	Не опред.	

*MnO — марганец общий.

- 1 — Обр. 32/25 — валовая проба марганцевой оболочки гигантской конкреции.
- 2 — Обр. 32/100-1 — валовая проба марганцевой корки гигантской конкреции.
- 3 — Обр. 32/100-4 — верхний слой рудной оболочки гигантской конкреции.
- 4 — Обр. 32/100-2 — нижний слой рудной оболочки.
- 5 — Обр. 32/5 — валовая проба рудной оболочки конкреции.
- 6 — Обр. 32/26 — наружный слой марганцевой оболочки конкреции.
- 7 — Обр. 32/26 — внутренний слой.
- 8 — Обр.43/М — валовая проба марганцевой корки на фосфатизированном известняке.
- 9 — Обр. 34/10-4 — марганцевая корка. очищенная от карбонатных налетов.

Таблица 4. Содержание микроэлементов в железо марганцевых конкрециях и рудных корках поднятия Сьерра-Леоне

NN	л/б N	Станция, образец	Порода	Элементы в % 10 ⁻³								
				Ni	Co	Ti	V	Mo	Zr	Nb	Cu	Pb
1	610	32/5	конкреция	100	>100	200	20	10	10	1	10	30
2	611	32/100-1	- « -	150	>100	200	20	10	10	1	10	20
3	612	32/100-2	- « -	80	>100	100	10	5	10	1	15	10
4	614	32/100-4	- « -	150	>100	200	15	10	20	1	10	20
5	620	34/10-4	корка	150	>100	100	20	10	10	1	10	20
6	622	34/М	- « -	150	>100	200	20	10	10	1	15	40

Конкреции представлены округлыми стяжениями размером 2,4–11,0 см, преобладающий размер их 3,0–4,0 см, но отдельные экземпляры достигают размеров 35×25×15 см. Поверхность конкреций шероховата, неровная со слабовыраженными натечными почковидными бугристыми наростами, матовая, полуматовая,

шероховата, черного цвета, иногда со слабым буроватым оттенком.

В ядре конкреции обнаружены фосфатизированные известняки, обломки крупных раковин, изредка встречаются обломки гранитоидов и базальтоидов. В рудной оболочке конкреций суммарное содержание оксида

Продолжение табл. 4

NN	л/бN	Станция, образец	Порода	Элементы в % 10 ⁻³					
				Bi	Zn	Be	Yb	Ba	Sr
1	610	32/5	конкреция	-	-	10	1	-	30
2	611	32/100-1	- « -	-	-	10	1	-	30
3	612	32/100-2	- « -	-	-	7	0,5	-	50
4	614	32/100-4	- « -	-	10	10	1	20	30
5	620	34/10-4	корка	-	10	10	1	-	30
6	622	34/М	- « -	-	20	10	1	20	50

Примечание: Обр. 32/5, 32/100-1, 34/10-4, 34/М — валовые пробы.

Обр. 32/100-4 — верхний слой оболочки.

Обр. 32/100-2 — нижний слой оболочки.

Спектрально не обнаружены: хром, вольфрам, гафний, тантал, серебро, сурьма, кадмий, олово, галлий, германий, скандий.



Рис. 7. Шаровые конкреции в тектонической ложбине Сьерра-Леоне

марганца — 21–25% при практически равных ему содержаниях оксидов железа 20–27%. Вещество конкрециеобразователя значительно загрязнено примесями кремнезема, титана, алюминия, магния, кальция, фосфора. Железомарганцевые конкреции Сьерра-Леоне являются сложной полиминеральной системой аутигенных минералов, в составе рудного вещества которых преобладают вернадит, рентгеноаморфные гидрооксиды железа (табл. 5, 6).

Химический состав валовой пробы марганцевой оболочки конкреций и послойные определения, указывают на относительно невысокие содержания марганца при практически равных ему количествах железа. Вещество конкрециеобразователя загрязнено примесями кремнезема, титана, алюминия, магния, кальция, обращают на себя внимание довольно высокие содержания хрома до 0,02%. Наличие серы в виде сульфатона и сульфидной серы может свидетельствовать о восстановительных условиях формирования железомарганцевой оболочки.

Состав микроэлементов в конкрециях довольно разнообразен, эмиссионным спектральным анализом выявлено 15 элементов, среди которых установлены (в %): несколько повышенные содержания Co — 0,015; Ni — 0,01; Ti — 0,005; Bi — 0,009; W — 0,003; Zr — 0,02; Hg — 0,03; Zn — 0,02; Mo — 0,01; B — 0,003; Tl — 0,03; Pb — 0,05; Ag — 0,03; Cu — 0,03. Кроме того, отмечено наличие урана до 0,03%.

Особо отметим, что плотные шаровые конкреции поднятия подвергались технологической обработке в Институте коллоидной химии и химии воды НАН Украины. Было установлено, что эти конкреции имеют более высокие технологические параметры для химико-металлургического извлечения марганца и сопутствующих компонентов.

Железомарганцевые конкреции и рудные корки являются сложной системой аутигенных минералов, формирование которых происходило в довольно стабильных условиях. Образование конкреций и фосфатизации ядер,

Таблица 5. Рентгенометрическая характеристика рудных корок на фосфатизированных известняках поднятия Сьерра-Леоне

	1	2	3
Диффузные отражения	2,4	4	2,45
	2,2	-	1,401
	1,4	4	6
	10	2,44	2,33
	4	1,420	

3 — Валовая проба сложена скорлуповатыми обломками серо-черного цвета с большим количеством темно-бурых, буровато-черных, желтовато-бурых землистых налетов, тончайших прослоек гидрооксидов железа со следами водорослей (?) или микрофлоры (?) (обр. 34/М).

Проба марганцевой корки 1 и 2 соответствуют образцам 1,9 табл. 3.

Таблица 6. Рентгенометрическая характеристика рудной оболочки шаровых конкреций поднятий Сьерра-Леоне (станция 32)

1	2	3	4	5	6
d/n	d/n	d/n	d/n	d/n	d/n
2,4	10ш 2,41ш	5ш 2,418	10ш 2,43	10ш 2,41	10ш 2,41
2,2	— —	2ш 2,241	— —	— —	— —
1,4	9ш 1,42ш	3ш 1,420	9ш 1,412	9ш 1,405	9ш 1,417

2 — Валовая проба, представлена обломками рудной части конкреции почковидной текстуры черного цвета с полуметаллическим блеском с включениями бурыми, желтыми гидроокислов железа (обр. 32/5).

3 — Валовая проба, полностью аналогична выше описанной (обр. 32/26).

4 — Наружный (верхний) слой рудной массы конкреции (обр. 32/100–4). Плотные скрытокристаллические обломки черного цвета с сильным полуметаллическим блеском, с редкими признаками на плоскостях скола гидроокислов железа.

5 — Внутренний слой конкреции (обр.32/100–2), плотные скрытокристаллические обломки черного цвета с тонкими темно-бурыми землистыми прослойками и включениями гидроокислов железа, охристо-бурого цвета.

6 — Внутренний слой конкреции (обр. 32/4), аналогичные выше описанным обломкам, но встречены образования с полуметаллическим блеском и раковистым изломом.

Условия съемки: камера РКД–57,3; Трубка БСВ–22 с FeK–22 с FeK излучением, напряжение 35К; ток 10 мА; экспозиция 5 часов.

сложенных различными породами, являются, связанными явлениями, обусловленными воздействием наложенных процессов. В частности — подтоком глубинных флюидов. Так, в девятом рейсе НИС «Академик Курчатов» на склонах подводных горы южной части поднятия Сьерра-Леоне были подняты щелочные базальты, щелочные трахиты, трахибазальты, что, несомненно, указывает на активную вулканическую деятельность в районе поднятия.

Предполагается, что основной формой выделений марганца в Атлантике являются землистые и пленочные налеты на базальтах и органических остатках, приуроченных главным образом к зоне Срединно-Атлантического хребта. Мелкие марганцевые конкреции обнаружены на больших глубинах в Ангольской и Бразильской котловинах, в ложбинах подводных гор южной части Азорского плато. Однако в последние годы получено большое количество материала, свидетельствующего о более широком развитии процессов накопления марганца в областях, не связанных непосредственно с зоной хребта.

Наибольший интерес представляют конкреционно-корковые образования, выявленные в пределах отдельных подводных гор, субстратом которых могут быть лавы, главным образом, основного состава, их туфы, плейстоцен-голоценовые карбонатные осадки, миоценовые известняки. Чаще всего корки образуют конкреционные линзы и покровы с размером фрагментов до 0,8×1,5 м. Такие проявления были выявлены в районах поднятия Алтаир, Антиал-

таир, Милн, Гаусс, в районах подводных гор, обрамляющих желоб Кинга, на склонах поднятий Лабрадорского моря, хребта Ян-Майен и др.

Так, на склонах подводной горы Алтаир были выявлены покровы марганцевых корок шириной до 500 м, прослеженные по простиранию на несколько километров.

Особенностью структурного положения подводной горы Алтаир является ее изолированность и отсутствие морфологической связи как со структурами Срединно-Атлантического хребта, так и от системы подводных гор Гаусса и Милн, расположенных западнее. Подводная гора является вулканическим сооружением, цоколь которой эллиптической формы размером 40×25 миль прослеживается на глубинах 3600–3400 м. На глубине 2500 м общий цоколь разделяется седловиной на два гребня — западный с глубиной 1545 м и восточный, в свою очередь имеющий две вершины с глубинами 1350 и 395 м (рис. 8). Гребни четко ориентированы по системе выявленных здесь разломов северо-западного простирания 310–320°.

Основные породы образуют конические штоки на вершине горы, либо обнажаются в ее основании, на склонах они перекрыты известняками, ориентировочно, миоценового возраста, перекристаллизованными, с реликтами кораллов, частично фосфатизированными, и монолитными марганцевыми корками толщиной 7,0–25,0 см (рис. 9).

Песчано-гравелистые осадки с большим количеством биогенного детрита и валунно-галечный материал в виде крупных валунов и

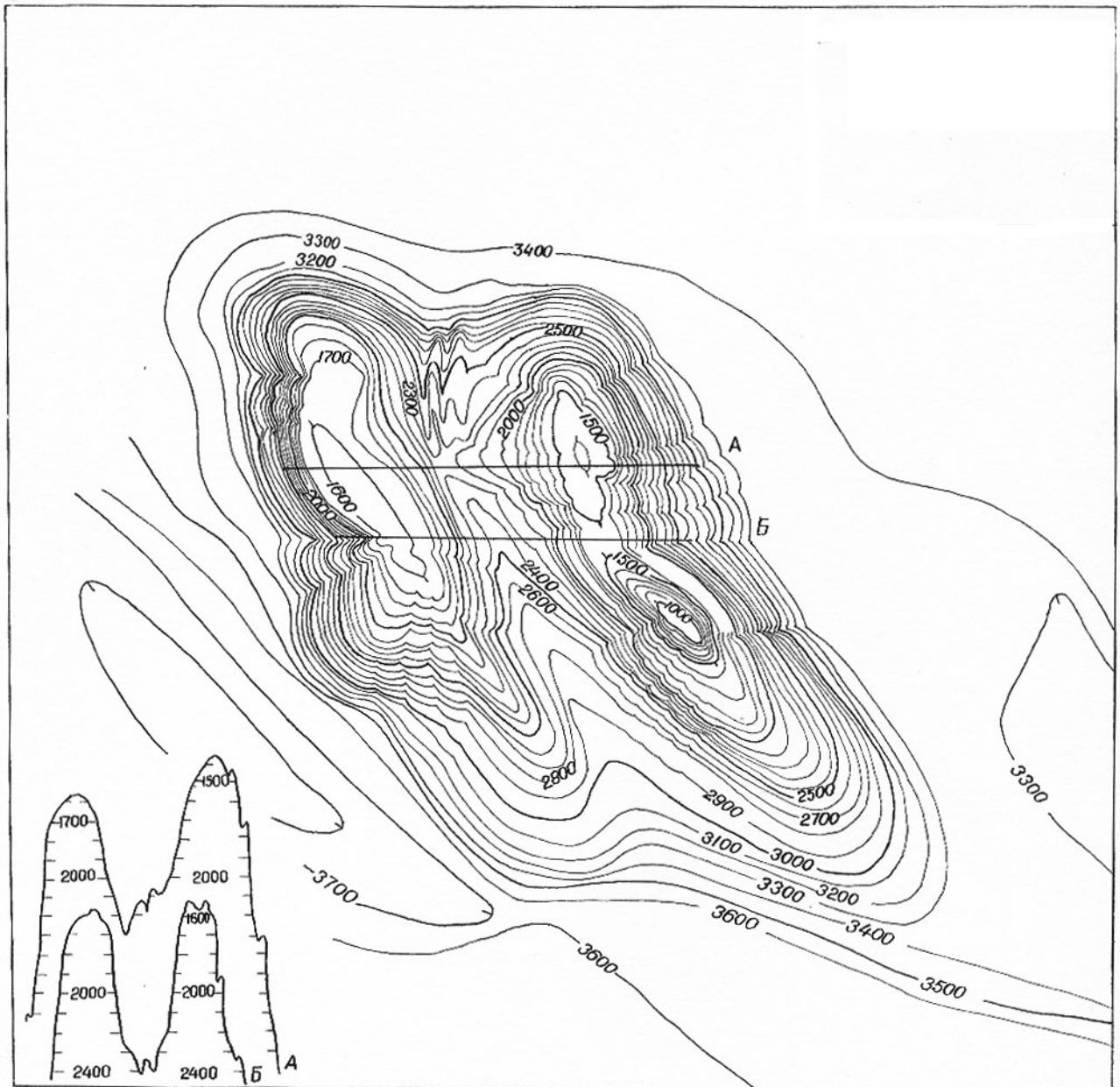


Рис. 8. Батиметрическая схема строения подводной горы Алтаир

обломков вулканогенных пород, перекрытых марганцевой коркой, развиты в глубоких каньонообразных долинах. Здесь же выявлены обломки диабазов.

Формирование корок происходило не только на поверхности вулканогенных пород, но и на органогенных образованиях — обломках кораллов, гальке осадочных пород с марганцевой коркой. Корки преимущественно слоистой текстуры, причем отдельные слои несут следы поверхностного окисления в виде тонких налетов оксидов и гидроксидов железа и тончайшими алевритовыми прослоями с фауной омарганцеванных фораминифер.

Поверхность марганцевых корок относительно гладкая, бугристая, с редкими следами

жизнедеятельности донных организмов. Нижний контакт корки с субстратом имеет мелкоячеистую строматолитоподобную поверхность с землистыми налетами оксидов железа коричнево-бурого и красного цвета (рис. 10).

Обращает на себя внимание то, что во многих случаях марганцевая корка обрастает реликты кораллов, которые прикреплены к вулканическому или осадочному субстрату. Марганец облекает основание кораллов, перекрывает плёнкой места их прикрепления к субстрату и отростки на высоту до 7 см, часто образуя замкнутую систему, полностью заключенную в массу марганцевого вещества. Кроме того, в линзах и плитчатых слоистых марганцевых образованиях отмечаются по плоскостям отде-



Рис.9. Фрагменты монолитных марганцевых корок на палубе судна размером до 1 м

льных слоев примазки карбонатного вещества и мелкие округлые и линзовидные включения карбонатных фораминиферовых илов.

Весь полученный материал четко указывает на разрыв во времени между излиянием лавового потока временем формирования пород субстрата, в том числе вулканогенного, и временем образования марганцевой корки. Марганцевые корки и налеты формируются как на неизменных основных породах, содержащих довольно небольшие количества марганца, так и на измененных, причем в измененных породах количество марганца, как правило, может быть на порядок выше, чем в исходной породе. Следует особо отметить, что базиты исследуемых районов мало изменены, хотя некоторые вторичные преобразования были обнаружены в палеотипных базальтах.

Содержание оксида марганца в марганцевых корках довольно стабильное и не превышает значений 24,85%. Следует отметить, что в пределах одного поднятия или подводной горы состав достаточно однотипен. В составе корок выявлены карбонатные и фосфатные

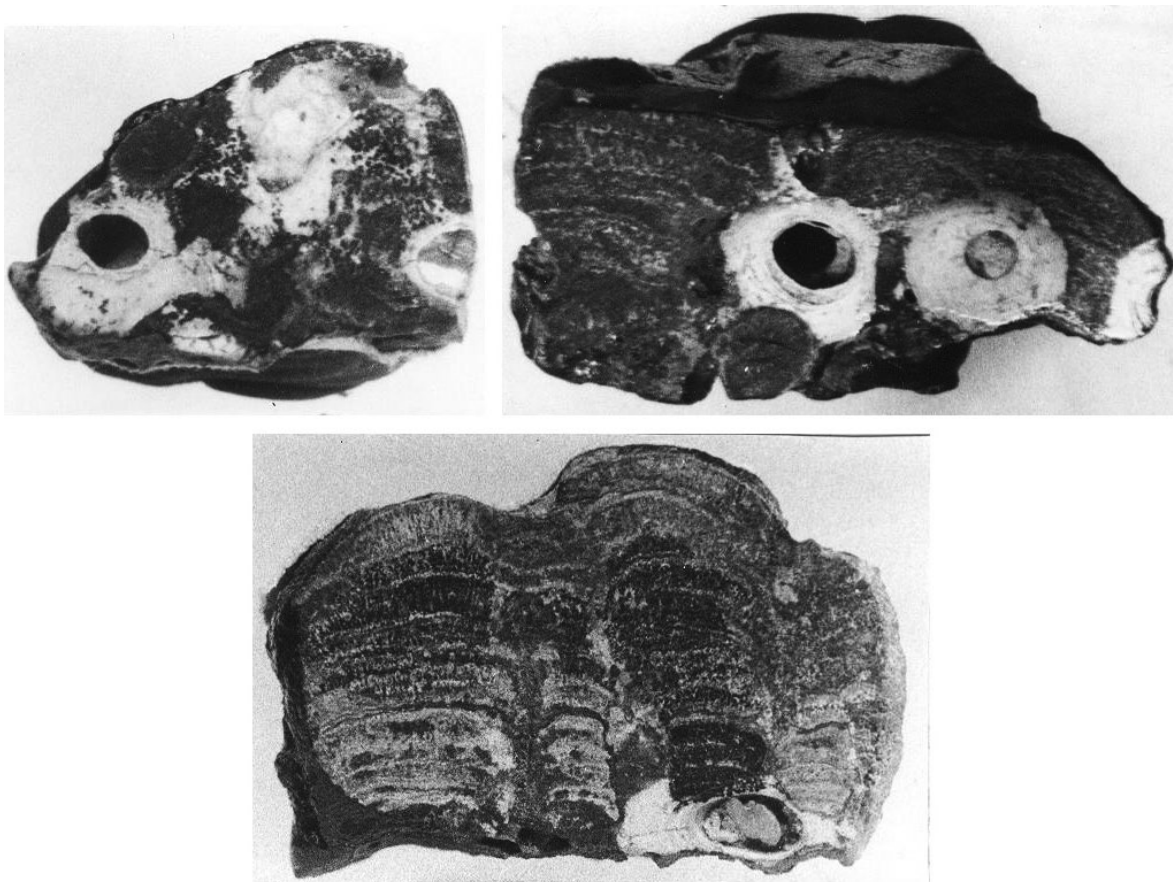


Рис. 10. Послойные поперечные разрезы марганцевых корок толщиной до 7 см

РУДОНОСНОСТЬ ПОДВОДНЫХ ГОР И ПОДНЯТИЙ ВНЕРИФТОВОЙ ЗОНЫ ОТКРЫТОГО ОКЕАНА

Таблица 7. Химический состав корковидных нарастаний гидроокисидов Mn, Fe (подводная гора Алтаир, Атлантика)

Компонент, мас. %	1	2	3	4	5	6	7	8
SiO ₂	1,92	1,56	2,88	1,96	2,14	1,84	1,72	1,84
TiO ₂	1,96	1,84	1,39	1,16	1,04	0,97	1,42	0,96
Al ₂ O ₃	2,28	3,13	3,10	2,32	3,16	3,60	2,05	2,40
Fe ₂ O ₃ _{общ}	26,72	27,12	26,30	28,96	27,76	28,12	27,53	26,16
MnO _{общ}	24,85	22,60	22,64	22,12	22,48	20,48	22,86	22,68
MgO	2,24	2,88	3,04	2,14	2,63	2,76	2,24	2,24
CaO	2,26	5,57	4,24	4,32	4,24	4,68	5,16	5,10
P ₂ O ₃	0,24	0,36	0,36	0,28	0,44	0,44	0,40	0,32
Na ₂ O	1,56	1,62	1,48	1,44	1,52	1,52	1,50	1,50
K ₂ O	1,20	1,32	1,32	1,40	1,40	1,32	1,32	1,40
BaO	0,14	0,12	0,14	0,16	0,14	0,10	0,12	0,13
SrO	0,04	0,07	0,04	0,08	0,05	0,04	0,08	0,07
Cr ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
NiO	0,36	0,40	0,44	0,28	0,49	0,28	0,44	0,32
ZnO	—	—	—	—	—	—	—	—
Fe ₂ O ₃	26,72	27,12	26,30	28,96	27,76	28,12	27,53	26,16
FeO	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет
H ₂ O	20,57	20,06	17,34	19,66	19,15	18,92	19,95	19,52
H ₂ O ⁺	8,89	8,93	9,19	8,77	9,35	9,54	8,97	8,98
CO ₂	0,95	He опр.	He опр.	0,40	Нет	0,30	Нет	0,55
C _{орг}	Нет			Нет		Нет		Нет
MnO	0,70			He опр.	He опр.	He опр.	He опр.	He опр.
MnO ₂	29,59							
Σ	101,62	98,58	93,90	95,45	95,99	94,91	95,76	94,25
10 ⁻⁴ %								
Cr	25	13	16	41	25	41	16	18
Ni	>770 (993)	>770	>770	>770	>770	>770	>770	>770
V	>500	>500	>500	>500	>500	>500	>500	>500
Cu	210	280	320	170	285	230	230	270
Co	500	500	500	500	500	500	500	500
Pb	>500 (666)	>500	>500	>500	>500	>500	>500	>500
Ga	<10 (30)	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Ge	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5
Mo	>51,0	>51,0	>51,0	>51,0	>51,0	>51,0	>51,0	>51,0
Zn	(289)	—	—	—	—	—	—	—
Nb	(34)	—	—	—	—	—	—	—
La	(133)	—	—	—	—	—	—	—
Ce	(1180)	—	—	—	—	—	—	—
As	(583)	—	—	—	—	—	—	—

соединения марганца и фосфатные минералы. (Табл. 7).

Из 35 элементов на которые проводился контрольный эмиссионный анализ, в марганцевых корках не были выявлены хром, вольфрам, гафний, тантал, серебро, сурьма, висмут, кадмий, олово, галлий, германий, скандий, церий, барий, торий, мышьяк. В целом, комплекс элементов примесей ограничен и достаточно

стабилен в различных слоях конкреционно-корковых образований. Исключение из этой закономерности составляет титан, содержание которого в поверхностном слое примерно на порядок больше, чем в нижних слоях корки. Это явление может быть связано с сорбцией титана на поверхности оксидов марганца при прекращении роста марганцевой корки, что позволяет предположить некоторую стабилизацию

процесса роста конкреций, соответственно, стабилизацию гидрохимического режима придонного слоя в данном районе.

Для выяснения особенностей геохимической специализации конкреционнокорковых образований проводилось послойное сканирование поперечных срезов изученных типов конкреций микрорентгеновским анализатором анализ корок на содержание элементов примесей. Установлено, что послойное распределение некоторых элементов не столь однородное, как это показывают химический и спектральный эмиссионный анализы (рис. 11). Так, практически все изученные корки обнаруживают тенденцию противостояния марганца и железа, т.е. при накоплении марганца темп накопления железа снижается, и наоборот. Распределение элементов примесей также достаточно неравномерное и в некоторых прослоях обнаруживают концентрации, значительно превышающие фоновые. В первую очередь это относится к платине — до 0,3%, кобальту — 0,8%, золоту — 0,2%.

В некоторых образцах в гидрооксидной массе корок встречаются карбонатные фрагменты стеблей кораллов. Иногда подобные обломки полностью заключены в массе гидроокислов Mn, Fe. Методами радиоизотопного датирования по углероду установлен возраст некоторых коралловых фрагментов: 840 ± 60 лет и 1200 ± 240 лет. Если принять, что формирование корки толщиной 70 мм происходило относительно равномерно в течение 780–1440 лет, то средняя скорость нарастания гидроокислов Mn, Fe составляет примерно 49–73 мм 1000 лет. Подобные скорости аккумуляции Mn, Fe возможны близ очагов разгрузки гидротермальных систем. Для сравнения приведём данные о скорости нарастания марганцевых налётов на органическом субстрате (зубы акул) в Карибском море, которая составляет 0,005 мм/1000 лет.

Мы связываем поступление марганца с глубинными флюидами в виде подводных источников, которые отмечались непосредственными подводными наблюдениями в придонном слое воды. При этом на поверхности дна создается специфичный биологический комплекс, включая бактериальную микрофлору, который привлекает избыток марганца из воды, переводя его в осадок. В этом сказывается буферная деятельность органики, нивелирующая гидрохимический баланс вещества в океане и придонном слое воды.

Марганец не мигрирует в окружающую среду из базальтов и тем более из карбонатных пород, оставаясь преимущественно связанным во вновь образованные минералы в марганцевых покровах. Если предположить массовую его миграцию в водную толщу, то должно было бы разрушиться такое количество марганецсодержащих основных изверженных пород, что было бы не только заметно, но фиксировалось бы постоянно при опробовании склонов подводных гор и поднятий, так как на единицу объема вновь образованной марганцевой конкреции должно приходиться от 2000 до 10000 тысяч объемов исходной породы (базальта). Таким образом, в относительно короткий отрезок времени в процесс изменений должно быть вовлечено огромное количество исходного вещества, продукты разложения которого отсутствуют.

Естественно, ни разрушение, ни непосредственное излияние базальтов не является основой для формирования покровных конкреционнокорковых образований, толщина которых в отдельных случаях достигает 15–25 см. Оценка эксалативной и литогенной фаз марганца в корках по модулю Страхова дает значение для анализируемых корок в пределах 80–100, что позволяет связывать поступление марганца с глубинными процессами.

Необходимо подчеркнуть, что средние содержания марганца в морской воде не превышают значений $4 \cdot 10^{-7}\%$, что значительно ниже уровня благоприятного для хемогенного выпадения в осадок, (особенно из морской воды с температурой 3–4 °С при наличии в ней свободных ионов многочисленных солей). Поэтому непосредственная хемогенная осадка марганца исключается. Фиксация его на поверхности различного по составу субстрата осуществляется путем биохимического извлечения марганца из морской воды, главным образом бактериальной флорой.

Марганцевые проявления не связываются с климатической зональностью, их проявления могут быть выявлены и в таких экзотических местах, о которых никто и не предполагал. Такие находки сделаны в настоящее время по данным выполненного нами опробования донных отложений в пределах хребта Рейкьянес, в Норвежском и Баренцевом морях, Антарктическом и Арктическом бассейнах. Но обязательным условием в этом случае является приуроченность марганцевых рудопроявлений

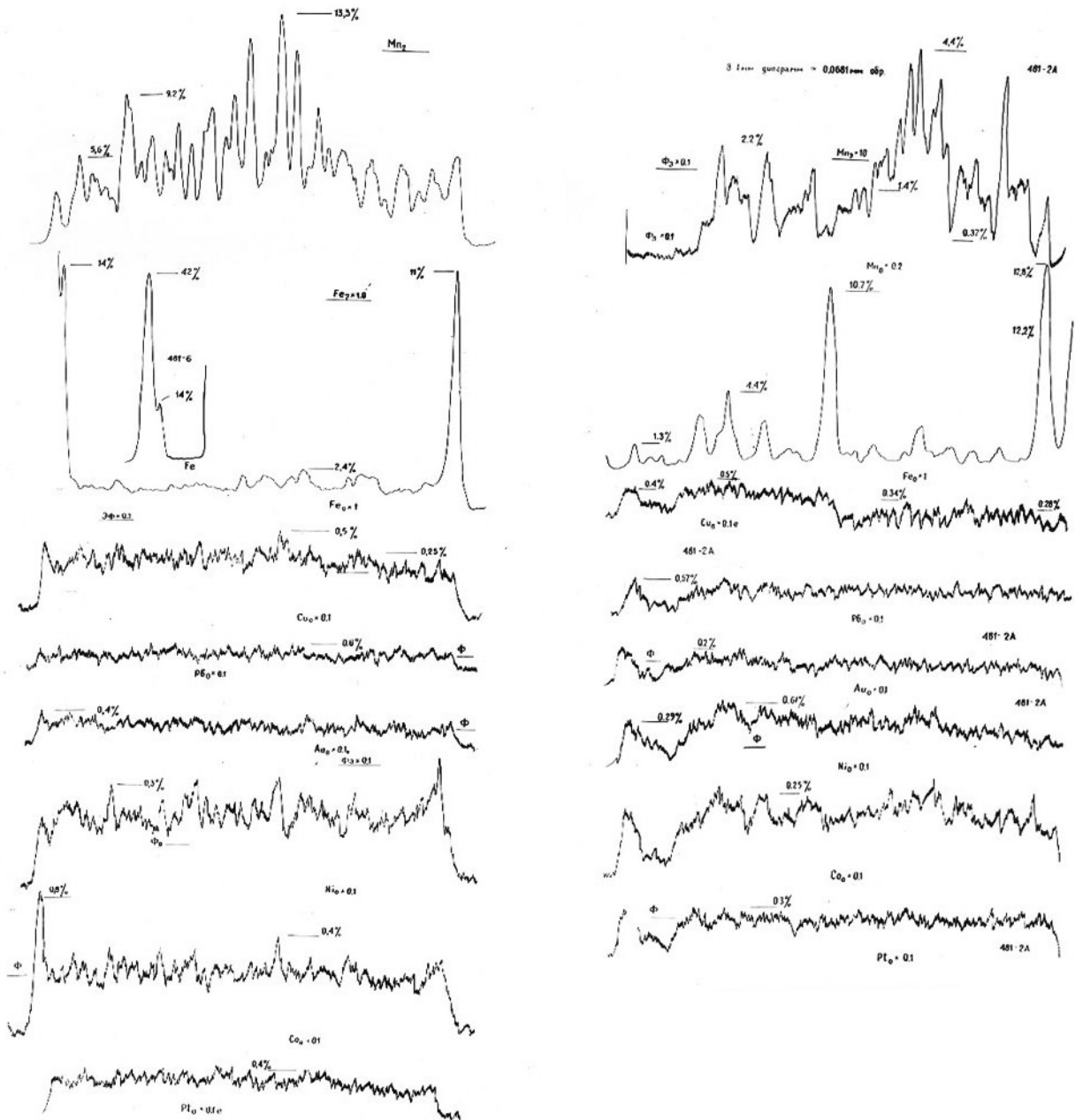


Рис. 11. Результаты послойного сканирования поперечных срезов конкреционнокорковых образований микрорентгеновым анализатором

к тектонически-активным зонам, по которым осуществляется подток глубинных флюидов и обязательное развитие бактериальной флоры.

Совместно с И. М. Варенцовым с сотрудниками была проведена работа по изучению геохимических особенностей корок подводной горы Алтай. Как показали результаты исследований, главные фазы в поверхностных прослойках корок представлены, как правило, Fe-вернадитом и Mn-ферроксилимом при подчиненных количествах гетита. В более низких прослоях наряду с отмеченными минералами диагностируются смешанослойный асболанбузерит, бернессит, иногда модификации (например,

Mg) асболана и примесные количества тодорокита. Приведенный набор минералов рассматривается как продукты постседиментационных твердофазных преобразований составляющих поверхностных наименее измененных прослоев. Составляющие изученных корковидных нарастаний подводной горы Алтай и корки гидротермальной природы, с существенным наложением на них гидрогенных процессов, занимают промежуточное положение. Таким образом, намечается существование непрерывного ряда-континуума от гидротермальных до гидрогенных образований. При сравнительно продолжительном экспонировании гидро-

термальных Mn, Fe-корок воздействию придонной воды в них могут накапливаться ощутимые количества за счет поглощения растворенного и взвешенного Al.

Приведенные данные дают основание считать, что Mn и Fe гидрооксидные корки подводной горы Алтаир — это гидротермальные образования, испытавшие водородное воздействие придонной морской воды.

Признавая весьма приближенный характер приведенных выше радиоизотопных датировок и расчетов скоростей аккумуляции Mn и Fe, необходимо тем не менее отметить, что интенсивность гидротермального подтока этих металлов при формировании гидрооксидных корковидных нарастаний на подводной горе Алтаир примерно на четыре порядка превышает скорости водородной аккумуляции этих металлов при сравнимых океанологических обстановках, но существенно различных геологических условиях.

Таким образом, возможно увязать некоторые проявления рудных скоплений марганца с общими геологическими позициями: скопления марганца приурочиваются к тектоническим зонам не только в пределах Срединно-Атлантического

хребта и поэтому могут быть распространены значительно шире, чем это фиксируется в настоящее время.

Даже приведенные два примера показывают, что рудоносность открытого океана мало изучена и в этой отрасли Украина занимает ведущее положение. Все это позволяет надеяться на то, что рано или поздно, Украина, как морская держава, обратит внимание на огромные резервы минерального сырья, сосредоточенные в океанах. Однако исключительное право «владения» на какой-либо участок морского дна должно быть утверждено Международными органами. Мы полагаем, имея мощный научно-производственный потенциал и опыт работы в данном направлении, Украина присоединится к освоению потенциальных ресурсов океана, и наши данные будут востребованы производственными организациями.

1. Третья конференция по морскому праву. ООН./CONF/62/L.786/3/28 августа 1986 — 194 с.

Институт геологічних наук НАН України, Київ

Рецензент — акад. НАН України Е.Ф. Шнюков