

**РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ СУБСТРАТА КОБАЛЬТО-МАРГАНЦЕВЫХ КОРОК ПО КЕРНУ
СКВАЖИН НА ГАЙОТАХ ИОАН И ДАЛЬМОРГЕОЛОГИЯ
(МАГЕЛЛАНОВЫ ГОРЫ, ТИХИЙ ОКЕАН)**

Э.Л. Школьник, Е.А. Жегалло,* И.Н. Пономарева, М.Е. Мельников,***
Э.А. Еганов,**** Т.М. Хулапова,*** Т.Е. Седышева,*** И.К. Басов*******

Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, г. Владивосток

** Палеонтологический институт РАН, г. Москва*

*** ГНЦ ФГУГП "Южморгеология", г. Геленджик*

****ФГУ ДП НИПИ "Океангеофизика", г. Геленджик*

***** Объединенный институт геологии, геофизики и минералогии
СО РАН, г. Новосибирск*

******Институт литосферы окраинных и внутренних морей РАН, г. Москва*

Изучен субстрат кобальто-марганцевых корок (КМК), вскрытых многочисленными скважинами глубоководного бурения на гайотах ИОАН и Дальморгеология Магеллановых гор Тихого океана. Охарактеризован комплекс пород, детально рассмотрены развивающиеся в субстрате в различных формах железо-марганцевые (с Si, Al и часто с Ti) образования (ЖМО). Они рассматриваются как продукты отложения водных флюидов, возникающих в вулканическом пьедестале и разгружающихся по периферии гайота при проникновении в верхние части, в основном, в разной степени фосфатизированных породах, главным образом, путем замещения, о чем свидетельствуют многочисленные реликты субстрата и остатков организмов в них.

Ключевые слова: гайоты, бурение, субстрат КМК, железо-марганцевые образования, флюид, Тихий океан.

ВВЕДЕНИЕ

Кобальто-марганцевые корки (КМК) на подводных горах Мирового океана с помощью отечественных спускаемых автономных буровых агрегатов впервые были вскрыты в 1992–95 гг. [15]. В процессе выполнения программы глубоководного бурения в рейсах 143 и 144 в 1993 г. пробурено на нескольких гайотах северо-западной Пацифики, северо-восточнее Магеллановых гор, 10 основных и несколько дополняющих неглубоких скважин, которыми были вскрыты КМК, Fe-Mn нодули и субстрат [20].

Новый этап подобного изучения был осуществлен во время рейсов НИС "Геленджик", которые были проведены в 2001–2002 гг. на гайоты центрального звена Магеллановых гор Тихого океана с целью изучения участков кобальтоносного марганцевого оруденения с использованием подводного колонкового бурения. Исследования осуществлялись в рамках стратегической программы Министерства природных ресурсов РФ, ориентированной на защиту инте-

ресов России в Мировом океане. Изучались гайоты ИОАН и Дальморгеология. Рейс 6-00 (капитан Н.П. Очередник, начальник рейса Д.Д. Туголесов, главный геолог М.Е. Мельников) проходил с июля по сентябрь 2001 г., рейс 6-01 (капитан Ю.А. Шикера, начальник рейса Б.А. Ширококожухов, главный геолог М.Е. Мельников) – с ноября 2001 г. по январь 2002 г. В задачи рейсов входило изучение оруденения и геологического строения детализационных участков. Такими участками на гайоте ИОАН были выбраны его седловина и западный отрог, а на гайоте Дальморгеология – юго-восточный и южный отроги и гайот-сателлит (рис.1 и 2). В рейсе 6-00 при съемке многолучевым эхолотом EM-12 Simrad были получены батиметрические основы, адекватно отражающие рельеф дна в масштабе 1:200 000.

С целью решения поставленных задач применен комплекс методов, включавший донное фототелевизионное профилирование комплексом "Нептун", отбор проб скальными драгами и неглубокое бурение

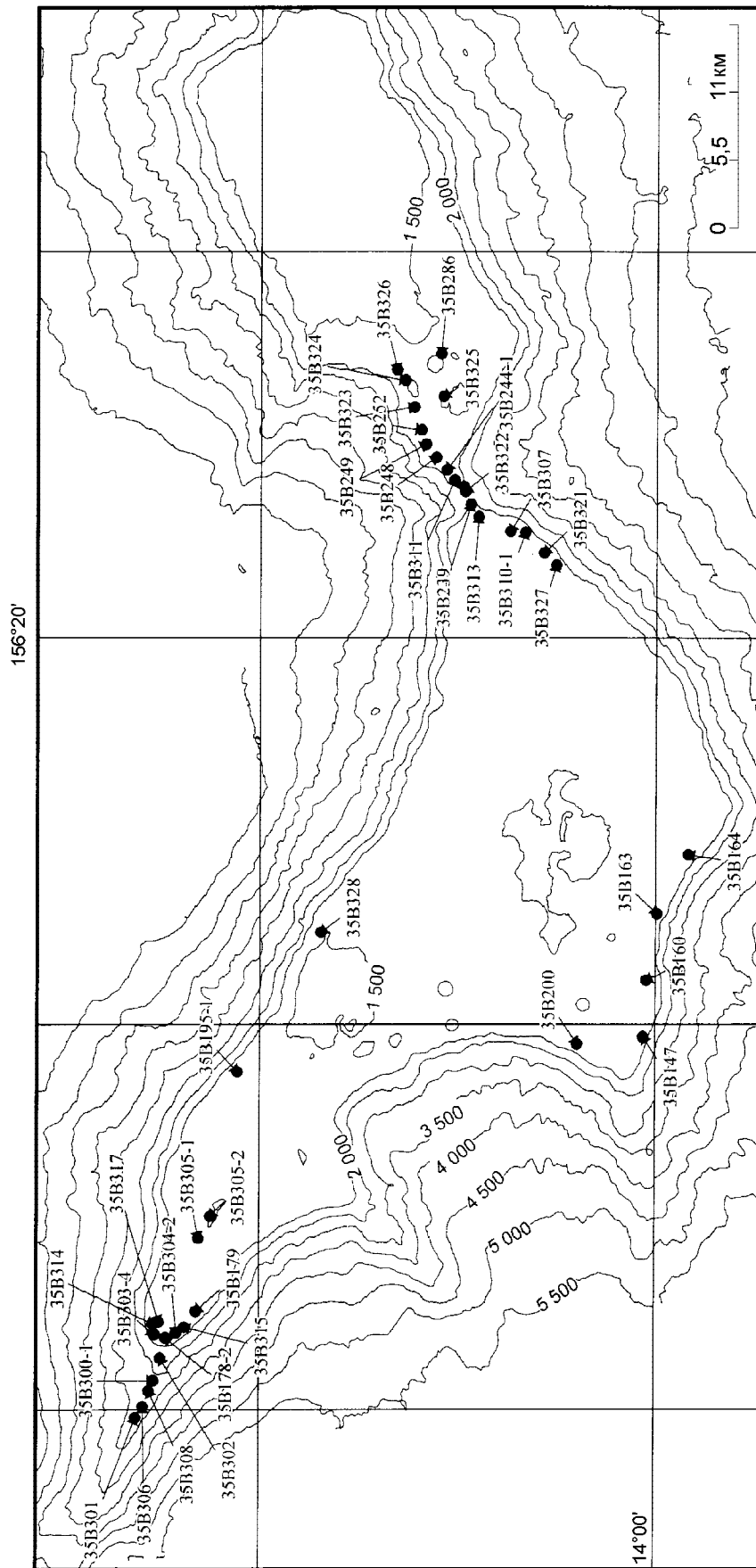


Рис. 1. Схема расположения буровых скважин на гайоте ИОАН.

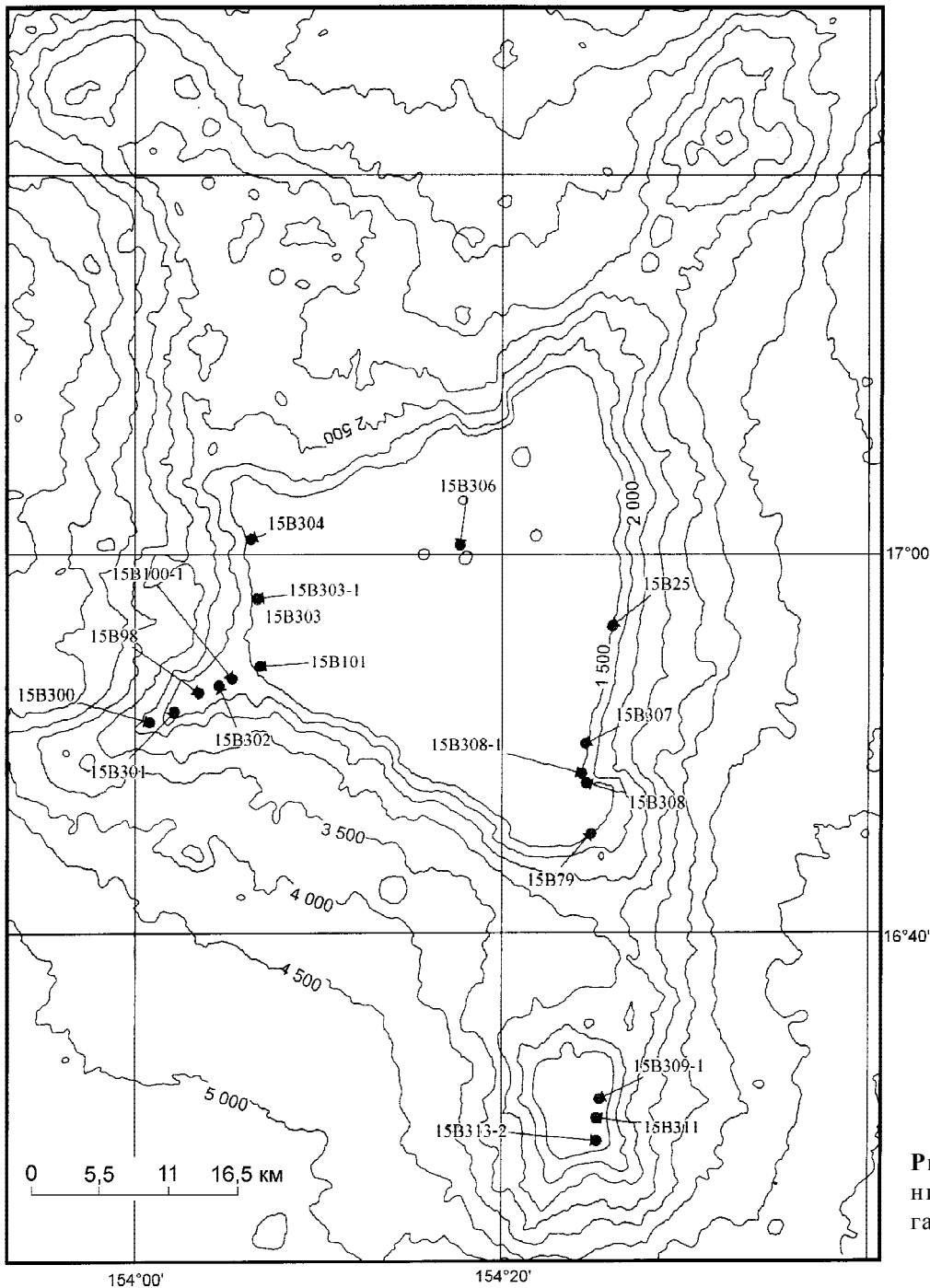


Рис. 2. Схема расположения буровых скважин на гайоте Дальморгео.

установкой ГБУ-0,7/4000. Важным техническим достижением выполненных работ является освоение бурения не как экспериментального, а как одного из основных рабочих методов исследования, что позволило в довольно большом объеме изучить рудные образования, субстрат *in situ*, а также опробовать субгоризонтальные ровные поверхности, с которых ранее не удавалось получить представительные пробы.

Для реальной оценки полученных новых данных следует, хотя бы кратко, рассмотреть результаты

изучения субстрата КМК в 143 и 144 рейсах программы глубоководного бурения [20]. Глубины поверхностей гайотов, где производилось бурение, колебались от 1084 м до 1525 м, мощность рыхлых пеллагических осадков изменялась от 0 до 143 м. В 80 % случаев субстрат КМК был карбонатным, в 10% – вулканическим, а в 10% – не был вскрыт. Возраст пород субстрата колебался от альбского до, преимущественно, маастрихтского и, редко, среднеэоценового. Большая часть карбонатных пород субстрата,

подстилающих, в целом, не очень мощные КМК, в интерпретации авторов, представлены также относительно маломощными конгломератами из преимущественно карбонатной гальки в заполнении фосфатным нанофораминиферовым известняком. Часто последние включают Fe-Mn нодулы близкой к сферической формы. Конгломераты обычно подстилаются карбонатными же породами мелководных карбонатных платформ, в том числе рифовыми. Рассмотрение прилагаемых фотографий позволяет считать, что указанные конгломераты – нечто иное, как широко выделяемые на гайотах Пацифики отечественными специалистами фосфатные седиментационные брекчии и конглобрекчии, в том числе и описываемые ниже в настоящей статье. По мнению авторов [20] и в соответствии с широко распространенными представлениями, как КМК, так и нодулы образованы гидрогенным путем при погружении поверхности гайотов ниже глубин в 400 м, скорости придонных течений менее 38 см/сек, в зоне кислородного дефицита. Из реальных наблюдений, которых немного, любопытны некомментируемые примеры проникновения Fe-Mn дендритов в фосфатизированные нанофораминиферовые известняки. Но вернемся к полученным новым данным.

Всего на указанных гайотах пробурено 50 скважин, вскрывших полный разрез КМК и достигших их разнородного субстрата. Скважины бурились на наиболее возвышенных и выположенных частях локального рельефа. Глубина бурения составила от 15 до 81,5 см. Мощность корок по ним колебалась от 1,5 до 17 см при различном характере их разрезов, от разных вариантов сокращенных до полных (слои I-I, I-2, II, III [8]). Субстрат корок (по полевым наблюдениям) довольно различный: в 27 случаях это разнобразные известняки, в 11 – седиментационные брекчии и конглобрекчии, в 5 – базальтоиды, в 4 – туффиты и туфы, в 3 – переслаивание туффитов и планктонногенных известняков. Таким образом, до 74 % случаев субстрата составляют различные, существенно карбонатные породы (в своей основе – брекчии существенно карбонатного состава). Если к этому добавить случаи переслаивания туффитов и известняков, то можно считать, что в 80 % случаев в разной степени карбонатные отложения слагают субстрат корок. В настоящей работе приведены результаты изучения керн из почти половины пройденных скважин, что представляется вполне достаточным для статистически обоснованных выводов.

При бурении удалось установить ряд важных фактов. В частности, средняя мощность корок на субгоризонтальных поверхностях, свободных от рыхлых

осадков, в 1,5–2 раза выше, чем на склонах, и, в среднем, составляет от 10 до 12 см. Исследована изменчивость мощности корок вдоль и вкрест склона, изменения состава разрезов. Однако эти результаты будут рассмотрены в отдельной статье, после завершения всего комплекса лабораторных исследований.

Настоящая статья подготовлена на основе изучения в ПИН РАН в оптическом и сканирующем (CamScan-4) микроскопах керн скважин и отчасти образцов, поднятых драгами. Химические анализы произведены фирмой "Агроэко". Полуколичественные микронзондовые анализы выполнены на совмещенном с сканирующим электронном микроскопом (СЭМ) микроанализаторе Sbs-50 М "НПО ЮНИ – Эксперт". Результаты анализов приведены в виде графиков энерго-дисперсионных спектров (ЭДС). Исследовались только прозрачные шлифы, выпиленные строго вдоль оси керн последовательно, что следует иметь в виду при анализе всех фотографий. Фотографии шлифов выполнены на просвет. Шлифы перед изучением в СЭМ протравливались в слабой соляной кислоте в течение 10–15 сек, что вызвало растворение карбоната, но оставался фосфат (соответствующие указания имеются в подписях к фотографиям). Присутствующие в тексте в номерах скважин разных гайотов заглавные буквы (А, В и другие), а также цифры означают лишь разные пробы на различные анализы из одной скважины (например, 35Б249-А(2)-с означает одну из проб керн субстрата КМК скв.35Б249).

Данные о возрастной приуроченности вскрытых слоев основаны на определениях органических остатков, выполненных сотрудниками ДВГИ ДВО РАН Т.А. Пуниной, В.Д. Худиком, ТОИ ДВО РАН В.Н. Плетневым, ИЛС РАН И.А. Басовым и также И.А. Пуляевой. Авторы им благодарны.

Техническое обслуживание работы СЭМ превосходно выполнено Л.Т. Протасевичем, фотографии керн и шлифов сделаны А.В. Мазиним, ориентированные шлифы изготовлены В.В. Сидоркиным, монтирование и изготовление фототаблиц выполнено Н.В. Леоновой и М.К. Емельяновой. Всем указанным сотрудникам ПИН РАН авторы выражают искреннюю благодарность.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В таблице 1 приведены сведения об изученных типах пород субстрата, вскрытых скважинами на гайоте ИОАН и, в меньшей степени, на гайоте Дальморгеология, с указаниями о содержаниях P_2O_5 , присутствии в них железо-марганцевых образований

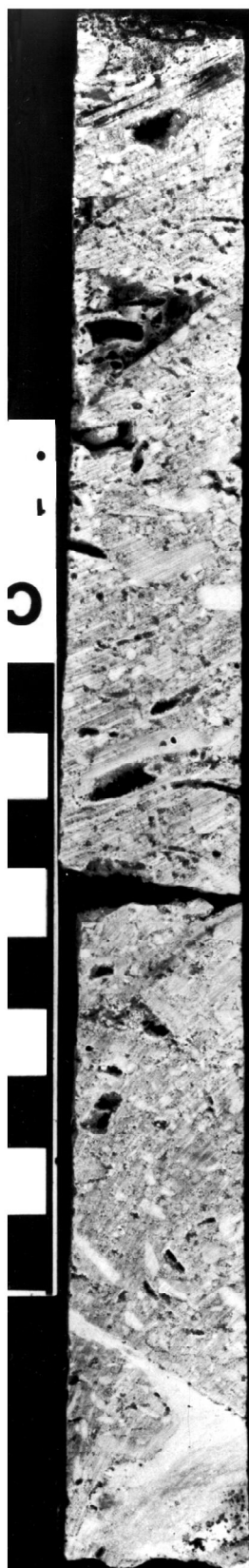
Таблица 1. Типы пород субстрата ЖМК в керне скважин.

№№ скв	Породы, возраст	Содер. P ₂ O ₅ *	Присут. ЖМО
I. Карбонатные породы, в разной степени фосфатизированные			
А. С существенно бентосной фауной			
1) Обломочно-биокластические			
35Б178	-2А (вверху фораминиферы, средний эоцен)	0,3	
35Б252	-А (кроме верхней части, рудистовые, К ₂)	0,2	+
35Б321	-А апт– маастрихт	7,7	
35Б314	-А (нижняя часть)	0,2	
35Б160	-В (без верхней части), брюхоногие моллюски, К ₂	2,2	
2) Оолитовые, оолитово-биокластические			
35Б307	-А (кроме верха)	4,1	
35Б327	-В (вверху фораминиферы, К ₂ – средний эоцен), рудисты К ₂	8,8	
3) Пеллетно (алеврито)-биокластические			
35Б303	-4 А	0,5	
15Б302	-Г	0,2	
Б. С существенно планктоногенной фауной			
Фораминиферовые, нанофораминиферовые, изредка с обломками и биокластами			
35Б160	В. (верхняя часть), фораминиферы, К ₂ – эоцен	17,8	
35Б178	-2А нанофораминиферы, кокколиты? переход К ₂ – палеоцен	15,9	+
35Б305	-2А нанофораминиферы, К ₂ – ср. эоцен	4,5	+
35Б312	-1-А фораминиферы, кайнозой	12,6	+
35Б314	-А (верхняя часть), фораминиферы, поздний палеоцен	4,0	+
35Б301	-А, фораминиферы, ранний кампан	11,7	+
15Б301	-А фосфорит		+
15Б301	-В –«–		+
II. Седиментационные брекчии, конглобрекчии на основе фораминиферовых известняков, в разной степени фосфатизированных			
1) Весь вскрытый разрез			
35Б200	-А рудисты К ₂	16,1	
35Б249	-А нанофораминиферы, маастрихт? – ранний эоцен	от 2,4 до 16,1	+
35Б300	-1-А	от 0,4 до 4,5	
35Б311	-А нанофораминифер. изв., К ₂ ?	от 1,9 до 11,2	+
35Б322	-А	от 1,0 до 9,3	+
35Б248	-А нанофораминиферы, сантон-маастрихт?	от 0,7 до 2,3	+
15Б303	-1р	15,8	+
2) Верхняя часть разреза – брекчии			
35Б315	Нижняя – фораминиферо-биокластические и обломочно-биокластические известняки	3,8 0,8	+

*Анализы преимущественно из верхней части субстрата, с ЖМО.

Таблица 2. Содержания P₂O₅ (вес.%) в дражных пробах.

№ проб	Содерж. P ₂ O ₅	Тип пород	№ проб	Содерж. P ₂ O ₅	Тип пород
1. 35Д205-4А	25,5	фосфатиз. седимент. брекчия	18.35Д297-Б	26,2	фосфорит по нанофорам. известняку
2. 35Д209-1А/1	2,6	Миндалекаменный вулканит	19.15Д205-Б	25,9	–«–
3. 35Д209-1А/2	1,2	–«–	20.15Д210-А/1	25,2	фосфорит по гиалокластиту(?)
4. 35Д210-1А/1	2,4	слабо фосфатиз. известняк	21.15Д210-А/2	29,6	–«–
5. 35Д213-А/1	3,2	туфопесч. с карб. цементом	22.15Д216-1В/1	21,45	фосфорит по нанофорам. известняку
6. 35Д213-А/2	2,8	–«–	23.15Д216-1В/2	27,15	–«–
7. 35Д215-Ж/1	2,05	слабо фосфат. нанофорам. известняк	24.15Д217-В	26,8	–«–
8. 35Д215-Ж/2	2,7	–«–	25.15Д223-А/1	0,6	обл.-биокл. известняк
9. 35Д230-1А	20,0	фосфатиз. слоистая седим. брекчия	26.15Д228-Б	18,75	фосфатиз. седимент. брекчия
10.35Д240-1Б	25,45	фосфатиз. седимент. брекчия	27.15Д232-А/1	9,85	фосфатиз. нанофорам. известняк
11 35Д241-Б	26,8	фосфорит по нанофорам. известняку	28.15Д232-А/2	11,05	–«–
12.35Д246-А/1	24,15	–«–	29.15Д234-Б	26,7	фосфатиз. седимент. брекчия
13.35Д246-А/2	23,25	–«–	30.15Д235-А	12,4	–«–
14.35Д252-А	16,2	фосфатиз. облом.-биокл. известняк	31.15Д237-1Б/1	15,9	–«–
15.35Д264-1А	3,7	нанофорам. известняк	32.15Д237-1Б/2	16,8	–«–
16.35Д270-Б	22,35	фосфатиз. седим. брекчия	33.15Д237-1Б/3	14,1	–«–
17.35Д274-Б	0,2	нанофорам. известняк	34.15Д246-ТБ	21,45	фосфорит по нанофорам. известняку



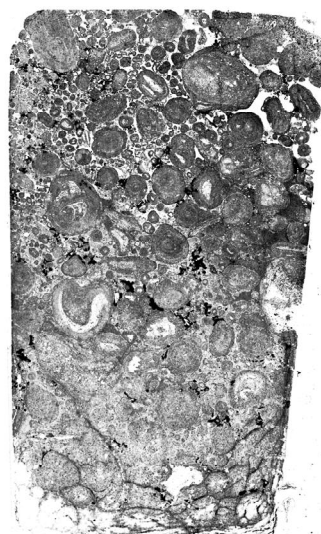
Фиг. 1



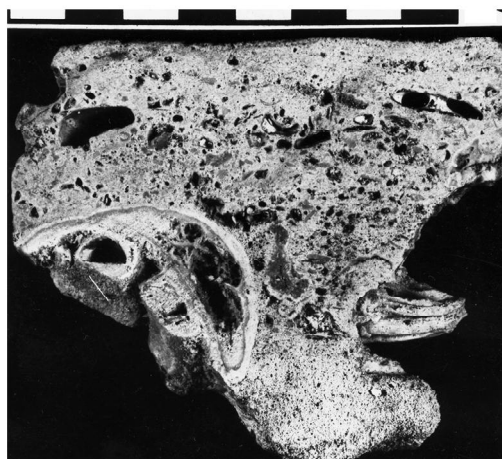
Фиг. 2



Фиг. 3



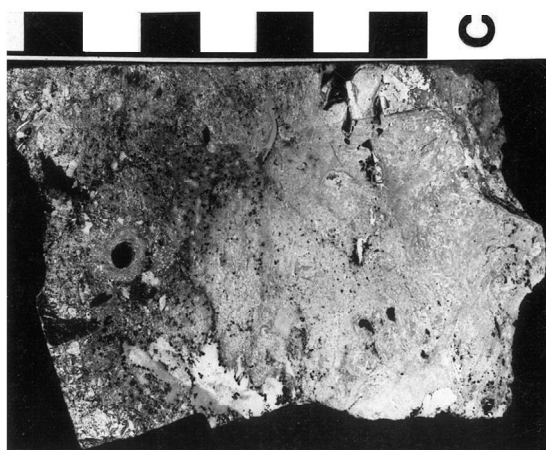
Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6



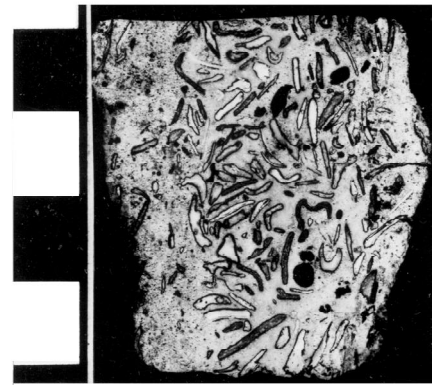
Фиг. 7

Фиг. 1. Керн субстрата скв.35B314-А. Обломочно-биокластический известняк, за исключением самой верхней части. Фиг. 2. Фотография шлифа из верхних частей этого керна. Ув. 2х. Фиг. 3. Керн субстрата скв.35B307-А. Оолитовый известняк. Фосфатизация в цементе оолитов. Фиг. 4. Фотография шлифа такого известняка. Ув. 3х. Фиг. 5. Керн субстрата скв.15B302-Г. Пеллетно(алеврито)-биокластический известняк. Фиг. 6. Фотография шлифа такого известняка. Ув. 3х. Фиг. 7. Керн субстрата скв.35B160-А (в горизонтальном положении). Вверху (слева) фосфатизированный нанофораминиферовый известняк, внизу (справа) обломочно-биокластический известняк.

Фототаблица 1.



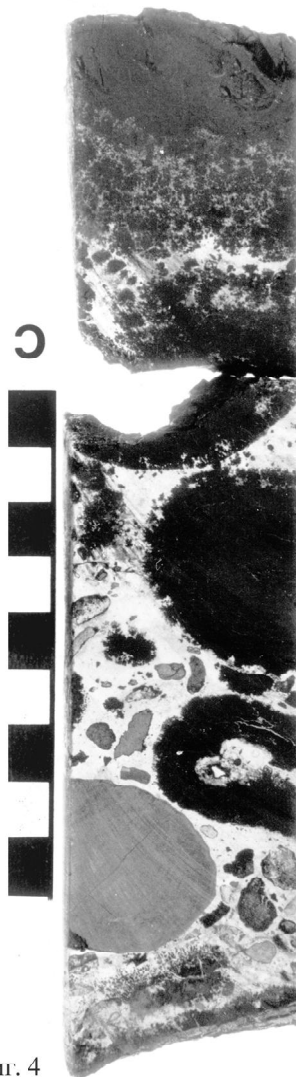
Фиг. 1



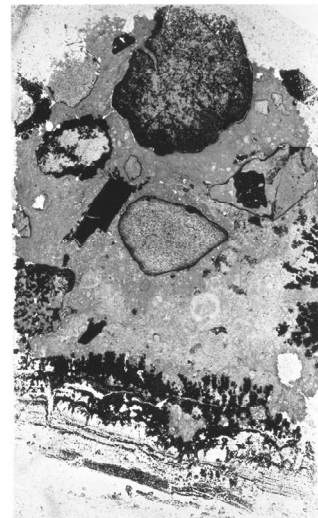
Фиг. 2



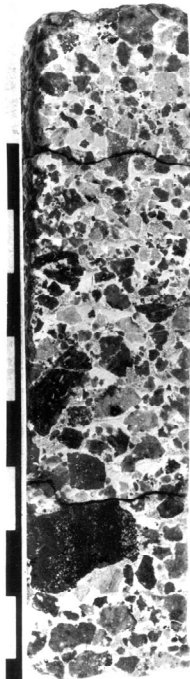
Фиг. 3



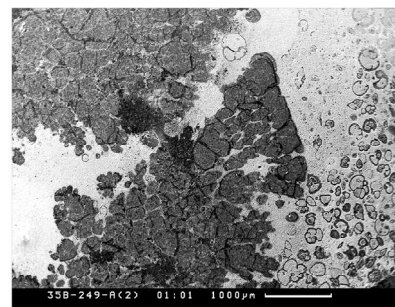
Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6



Фиг. 7

Фиг. 1. Керн скв.35Б178-2А. Фосфатизированный нанофораминиферовый известняк с интенсивным развитием ЖМО. Фиг. 2. Керн скв.35Б312-1А. Фосфатизированный нанофораминиферовый известняк с обилием фрагментов раковин моллюсков, в разной степени замещенных ЖМО. Фиг. 3. Фотография шлифа этого керна. Ув. 4х. Фиг. 4. Керн скв.35Б249-А. Фосфатизированная седиментационная конглобрекция с интенсивным развитием ЖМО (черное). Фиг. 5. Фотография шлифа этого керна. Ув. 5х. Развитие пальцевидных, дендритовидных (внизу и справа), выходящих по стыкам обломков (в центре и в левом верхнем углу), частично замещающих с периферии обломки (вверху) ЖМО (черное). Фиг. 6. Керн скв.35Б300-1А. Седиментационная брекчия. Фиг. 7. Фотография в СЭМ части керна скв.35Б249-А. Развитие ЖМО (черное) в виде сплошных масс (слева) и выполнения части раковин фораминифер пятнами (справа).

(ЖМО). В фототаблицах 1 и 2 приводятся фотографии керн и характерных прозрачных шлифов основных установленных разновидностей пород субстрата. Остановимся на их типовых особенностях.

Отчетливо обособляются две группы карбонатных, но в разной степени фосфатизированных пород, ранее уже отмеченных на рассматриваемых гайотах при изучении дражных проб [9, 15], а теперь вскрытых бурением. Первая группа объединяет отложения преимущественно мелководных обстановок, формировавшихся на стадии положения вершины подводной вулканической горы вблизи уровня океана – стадии острова-атолла [5]. В эту стадию формируется специфический породный комплекс из обломков рифовых и околорифовых пород, многочисленных биокластов бентосных форм, в сочетании с оолитовыми и иными разновидностями. Ей соответствуют, прежде всего, обломочно-биокластические известняки (см. таблицу 1, фототаблицу 1, фиг. 1 и 2), в составе которых доминируют двустворки, прежде всего рудисты, брюхоногие, кораллы и др., в незначительном объеме – бентосные фораминиферы. Широко распространенные обломки карбонатных, обычно рифовых пород достигают размеров 2–3 см в поперечнике, крайне редки фосфатные обломки. Заполняющий материал – пелитоморфный карбонат. Для этих пород весьма характерна проявленная участками, интенсивная перекристаллизация в агрегат довольно крупных кристаллов кальцита. Возраст этих известняков находится обычно в диапазоне апт–альб по кампан–маастрихт. Фосфатизация их, как правило, незначительна и, чаще всего, не превышает 0,5–1,0 % P_2O_5 , редко достигая 3–5 %. В этих известняках ЖМО развиваются весьма редко и преимущественно только в самой верхней части, вблизи собственно корки.

Вторая по распространенности группа пород стадии острова-атолла – это биокласто-оолитовые известняки, видимо, формирующиеся в пределах отлогих прибрежных обстановок песчаных баров. Образованы оолитами концентрического строения (скорее всего, формировавшимся при участии микробиальных форм) вместе с обломками раковин двустворок, брюхоногих моллюсков и др. (фототаблица 1, фиг. 3 и 4). Заполняющая масса сложена весьма тонким карбонатным материалом, состоящим, вероятно, из тонких, скорее всего микробиальных остатков, которые обычно по всему вскрытому разрезу участками подвергаются довольно интенсивной фосфатизации. В самых верхних частях разреза этих пород в заполняющей массе довольно часты планктонные фораминиферы, видимо знаменующие начало погру-

жения атолловых осадков на более значительную глубину. Содержания пятиоксида фосфора в этих породах соответственно выше, в пределах 4–9 %. Развитие ЖМО также весьма редкое.

И, наконец, последняя группа известняков этого этапа развития подводной горы состоит из карбонатных фрагментов алевритовой размерности, возможно, отвечающих сути термина пеллеты, с небольшой примесью зерен песчаной размерности также карбонатного состава с карбонатным же цементом типа сопротикосновения или заполнения пор (фототаблица 1, фиг. 5 и 6). Фосфатизация их обычно весьма низкая, до 0,2–0,5 % P_2O_5 , развитие ЖМО не характерно (таблица 1).

Стадии погружения вершины подводной горы и ее атолловой «шапки» заметно ниже уровня океана соответствует совершенно иной характер седиментации – доминирование в осадках планктонных карбонатных организмов при подчиненной роли бентосных фоссилий, иногда сочетающихся с местным эдафогенным обломочным материалом брекчиевого характера. Собственно такая седиментация продолжается до настоящего времени, но, по крайней мере, до эоцена, возможно, и миоцена она приводила к формированию относительно литифицированных и обычно весьма фосфатизированных пород. В настоящее время формируются рыхлые, существенно планктонногенные осадки аналогичного типа, совершенно не фосфатизированные.

Нанофораминиферовые известняки – наиболее обычный представитель этой группы карбонатных пород (фототаблица 1, фиг. 7; фототаблица 2, фиг. 1–3), но, вероятно, комплекс планктонных и бентосных микроорганизмов заметно шире, судя по сделанным наблюдениям. Седиментационные брекчии, дополнительно к нанофораминиферовой основе, включают комплекс равновеликих обломков карбонатных, вулканических пород и более ранних фосфоритов. Размер обломков довольно широко варьирует от долей до 10–15 см в поперечнике (фототаблица 2, фиг. 4–6). Для этой группы пород характерно развитие в стратиграфически (и батрологически) наиболее возвышенных частях разреза. Часто по керну можно непосредственно наблюдать перекрытие ими известняков стадии острова-атолла (фототаблица 1, фиг. 7). Возраст отложений этой группы колеблется в пределах от конца позднего мела до среднего эоцена включительно, судя по имеющимся определениям.

Степень фосфатизации карбонатных пород стадии подводной горы наиболее значительна, очень часто их уже можно квалифицировать как фосфориты, но в связи с развитием ЖМО, присутствием обломков различных пород реальные содержания по керну

не превышают 16–18 % P_2O_5 . Особо значительны колебания фосфатизации, естественно, в брекчиях – от 0,7 до 16 % P_2O_5 . ЖМО наиболее широко проявлены именно в этих породах, прежде всего, в наиболее фосфатизированных разностях, но даже и в не полностью фосфатизированных.

Оценивая развитие фосфатизации в изученном субстрате корок, необходимо отметить, как и ранее определялось [5], что она проявлена как процесс несомненно раннедиагенетического замещения органогенных карбонатных илов, преимущественно планктонногенных, с сохранением даже тончайших деталей строения скелетов замещенных организмов. Естественно, она развивается не повсеместно, а очагово, участками, иными словами, нельзя представлять ее как проявленную по всему слою непрерывно и одинаково. С течением времени происходят определенные последующие преобразования фосфатизированных пород [17], при которых отчетливо уничтожаются биогенные структуры, фосфатная масса приобретает мелкоблочное сложение, хотя отчетливые кристаллы не появляются, и в оптическом микроскопе для них сохраняется изотропная картина. Таким образом, вполне подтверждаются намеченные ранее основные характеристики фосфатогенеза на гайотах Тихого океана [5].

В исследованном субстрате корок, как отмечалось выше, достаточно широко, хотя и весьма неравномерно, получил распространение процесс формирования ЖМО. Здесь следует отметить, что, строго говоря, в различных участках своего развития эти образования могут и не содержать марганец в заметных количествах, в других случаях содержат только весьма небольшие количества железа. Но визуально все они, вне зависимости от конкретных деталей своего состава, темно-серого до черного цвета, с характерными структурами, и в этом отношении не отличаются от обычных корок. До сих пор эта минерализация не получила необходимого освещения в литературе, что понятно, поскольку корки до сих пор изучались преимущественно в отторженцах от субстрата. Вме-

те с тем, поскольку ЖМО не отличаются в общем по составу и элементам строения от корок, весьма важным представлялось получить достоверную информацию об условиях именно их формирования, что и было сделано.

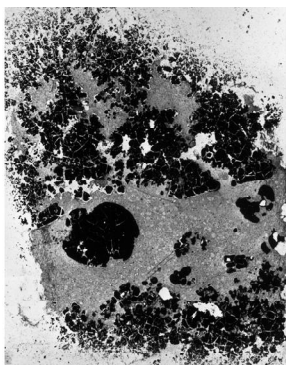
Как уже отмечалось, ЖМО развиты неравномерно в изученных образцах субстрата, преимущественно в фосфатизированных планктонногенных известняках, в том числе в разностях, содержащих фрагменты сравнительно крупных раковин беспозвоночных, и седиментационных брекчиях. Это обстоятельство вполне коррелируется с почти постоянным присутствием в составе нижних частей корок довольно значительного содержания фосфата кальция, достигающего 5–10 % P_2O_5 [7], в среднем составляющего почти 3 % [10].

Конкретные формы проявления ЖМО оказались сравнительно различными по форме, характерным размерам (что достаточно существенно, поскольку размер может отражать разные стадии развития). Наименее крупные, вероятно, начальные формы представлены неправильными, пятнистыми выделениями, чаще всего развивающимися в раковинах фораминифер (до 10–20 мкм в поперечнике). Другой начальной формой являются проявляющиеся чаще всего перед фронтом уже крупных выделений ЖМО столбчатые, отчасти пальцевидные, несколько ветвящиеся проявления ЖМО, которые принято в корках определять как дендритовые, отчетливо объемные. Изредка встречаются точно копирующие тонкие структуры в фосфорите, отчасти весьма правильные геометрически, жилкоподобные выделения ЖМО. Следующая выделяемая форма развивается на стыках сравнительно крупных раковин беспозвоночных и основной массы нанофораминиферового, обычно фосфатизированного известняка, а также на стыках достаточно крупных обломков разных пород (но чаще вулканитов) с тем же фосфатизированным нанофораминиферовым известняком в брекчиях. Явно проникая по стыкам, вещество ЖМО, в конечном счете, может заместить, полностью или частично, как ра-

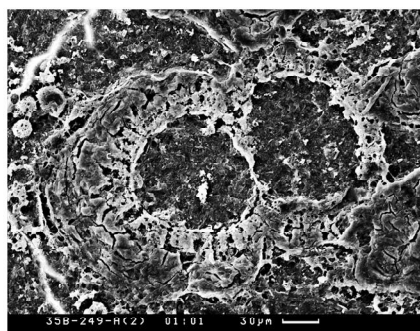
Фототаблица 3.

Фиг. 1. Фотография шлифа другой части образца скв.35Б249-А. Ув. 3х. Фиг. 2. Замещенные ЖМО фораминиферы в этом же образце. СЭМ. Фиг. 3. ЭДС площади фиг. 2. Фиг. 4. Фотография шлифа еще одной части образца керна скв.35Б249-А с широким развитием пальцевидных, дендритовидных форм ЖМО (черное), входящих в фосфорит (серое, вверху). Фиг. 5. Взаимодействие верхних частей пальцевидных форм (слева) с заметно диагенетически измененным фосфоритом (справа вверху). Косой срез. Здесь и далее фотографии в СЭМ без указаний. Указываются только фотографии керна и шлифов. Номер скважины рядом с масштабной линейкой. Фиг. 6. Граница пальцевидных ЖМО (черное) и фосфорита более детально. Фиг. 7. Непосредственная граница такой формы и фосфорита еще детальнее. Фиг. 8. То же, еще более детально. Фиг. 9. Аналогичные пальцевидные (дендритные) формы ЖМО в слабо фосфатизированном известняке. Очень тонкий шлиф. Фиг. 10. То же, детальнее.

Фиг. 1

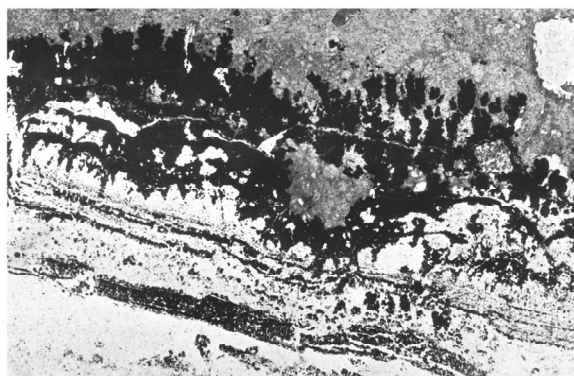
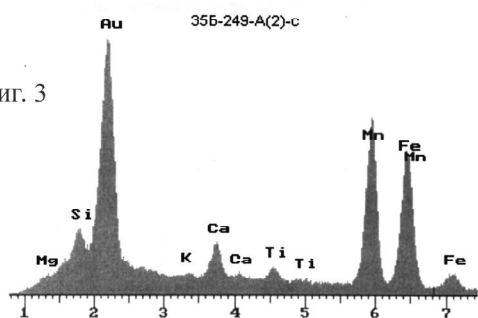


Фиг. 2

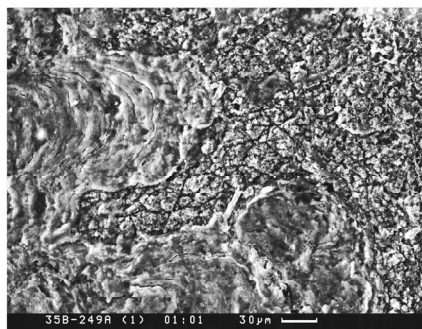


Фиг. 4

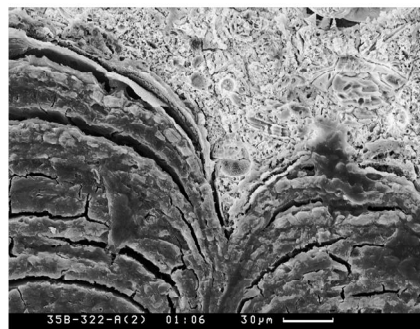
Фиг. 3



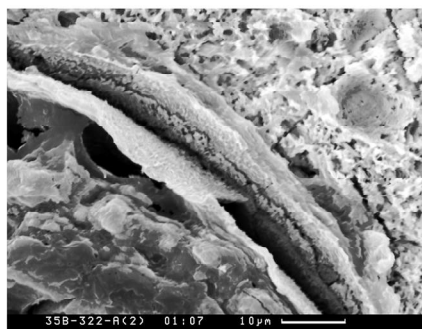
Фиг. 5



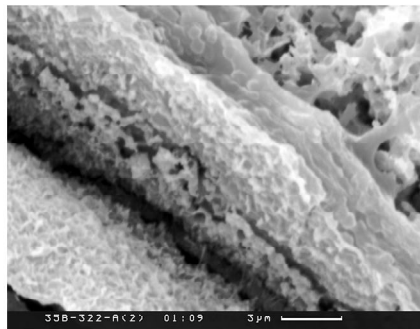
Фиг. 6



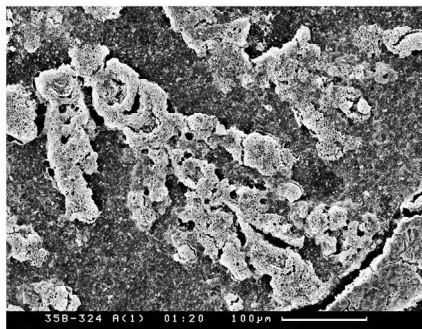
Фиг. 7



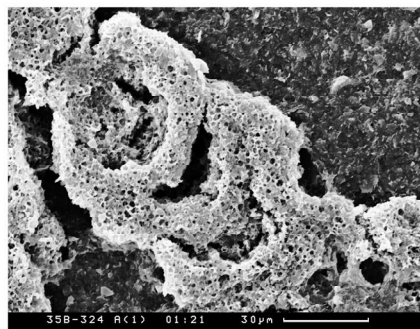
Фиг. 8



Фиг. 9



Фиг. 10



Фототаблица 3.

ковины, так и обломки, лишь в малой степени проникая в окружающий фосфатизированный известняк. Известны и достаточно редкие примеры грубого взаимопроникновения неправильных, угловатых форм ЖМО и фосфорита. И, наконец, достаточно обычны наиболее крупные, обычно овальные, округлые в сечении обособления ЖМО, которые могут иметь или не иметь перед фронтом ряд из указанных выше форм. В крайних случаях устанавливается относительно плавная, четкая граница с валобразным или без него окончанием. Как следует из изложенного, ни в одном случае не зарегистрирована картина ограничений ЖМО, которая могла бы рассматриваться как результат последовательного отложения, наслаения осадочного материала по принципу «частица за частицей». Такое утверждение дополнительно подтверждается совершенно неравномерным распределением составов ЖМО как внутри отдельных обособлений, так и вдоль границ (см. ниже).

Рассмотрим подробнее все выделяемые формы ЖМО. Начиная с точечных (размером буквально до первых мкм, но видимых иногда хорошо и в оптический микроскоп), неправильных форм, обычно растущих в небольших раковинах фораминифер (фототаблица 2, фиг. 7) начинается развитие ЖМО (фототаблица 3, фиг. 1 и 2). Вместе с тем, как это, в частности, видно при анализе представленных фотографий, подобные формы не всегда присутствуют. Последовательное расширение таких ЖМО с проникновением во все большую часть фораминифер – вполне обычное явление. При этом фиксируется не растворение раковин, а как бы их пропитывание. Приходится говорить о развитии биоморфоз замещения, хотя в этих случаях не всегда просматриваются структуры раковин после замещения, но, вообще говоря, реликты фораминифер в ЖМО постоянны. Конечно, здесь по изда-

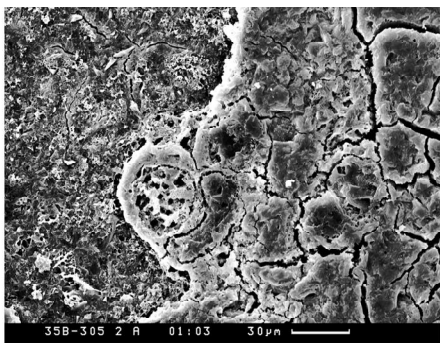
тельским возможностям нельзя привести всего множества сделанных фотографий. К тому же, в массе фосфорита раковины фораминифер встречаются только локальными участками, они частично и перекристаллизованы, а преобладающими являются кокколитофориды и многочисленные другие мелкие организмы, которые просматриваются хуже. Иногда неправильные локальные формы развиваются и вне видимых раковин фораминифер (см. ниже). Результат замещения раковин фораминифер представлен на фиг. 2 фототаблицы 3, а ЭДС этого участка – на фиг. 3.

Следующей формой, которая также характеризует начальные этапы развития ЖМО в субстрате, являются дендритовые или столбчатые, пальцевидные (фототаблица 2, фиг. 5; фототаблица 3, фиг. 4 и 9). Детальная характеристика этих форм представляет заметный интерес, поскольку они достаточно широко распространены в строении корок [1, 7] и до сих пор не представлены разумные доказательства их образования гидрогенным путем, как и примеры каких-либо несомненно осадочных пород с подобными структурно-текстурными формами. Обычно они высотой до 600–800 мкм, при ширине до 150–200 мкм и обладают двумя или более внешними выступами (фототаблица 3, фиг. 4). В косом, относительно удлинения, сечении, особенно во внешних окончаниях, они смотрятся как сложенные серией серповидных форм, ограничения которых подчеркнуты трещинами дегидратации (фототаблица 3, фиг. 5 и 6). Детальное рассмотрение их внешних частей (фототаблица 3, фиг. 7 и 8) указывает на непростой их характер, присутствие изогнутых и валиковидных или кольцевых структур, весьма тонкую пористость. Специальное изучение таких форм в тонких прозрачных шлифах показывает (фототаблица 3, фиг. 9 и 10), что они состоят из кольцевых образований весьма пористого сложения с плоскостными перемычками между кольцами. Захват этими структурами

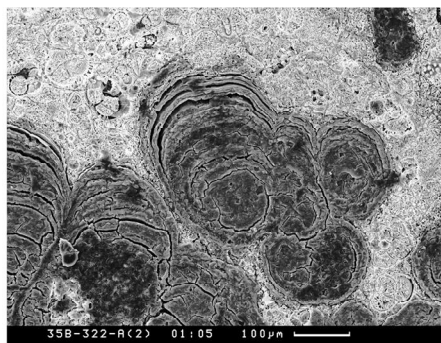
Фототаблица 4.

Фиг. 1. Замещенная раковина фораминиферы в пальцевидной (дендритной) форме ЖМО (справа). Фиг. 2. Пальцевидные (дендритные) формы ЖМО (темное) среди фосфатизированного нанофораминиферового известняка – сечение, перпендикулярное вытянутости дендритов. Фиг. 3. То же, большее увеличение. Светлые точечные включения (P) – реликты существенно фосфатные среди массы преимущественно марганцевого (Mn) ЖМО. Фиг. 4. Фрагменты частично замещенных ЖМО раковин моллюсков (?) и пятнистых форм в фораминиферах в фосфатизированном нанофораминифероном известняке. Фиг. 5. То же, деталь – почти полностью замещенный ЖМО обломок раковины (в центре). Фиг. 6. ЭДС центральной части замещенной раковины. Фиг. 7. Часть кольцеобразного выделения ЖМО (слева) вокруг обломка в фосфатной седиментационной брекчии. Справа – отдельные пятнообразные выделения ЖМО (черное). Фиг. 8. Крупное выделение ЖМО (у правого нижнего угла) и серия небольших в слабо фосфатизированном нанофораминифероном известняке (Ca). В периферии крупного выделения (черное) преобладают Si, Ca, P, а во внутренней – Mn. Фиг. 9. Фрагмент проникновения ЖМО (нижняя часть снимка) в слабо фосфатизированную седиментационную брекчию (Ca). В периферии ЖМО доминирует Mn, в тыловой части – Si, Fe, Ca. Фиг. 10. Широкое развитие реликтов фораминифер в ЖМО (темное), вдающееся в фосфатизированный нанофораминифероный известняк.

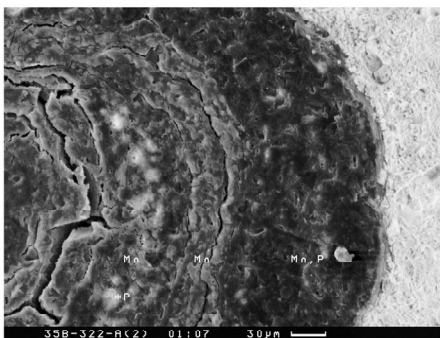
Фиг. 1



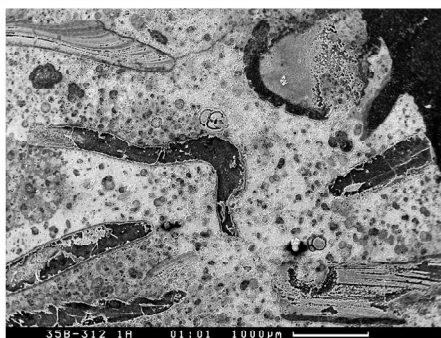
Фиг. 2



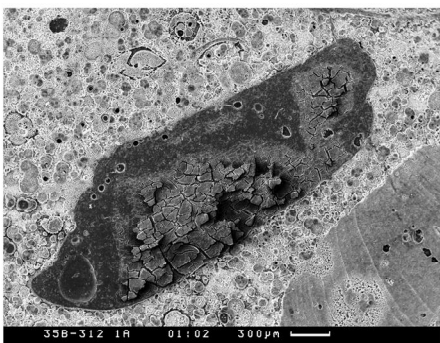
Фиг. 3



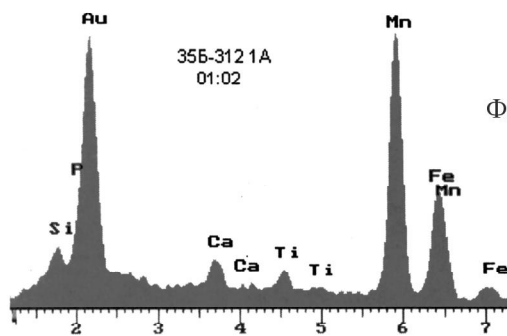
Фиг. 4



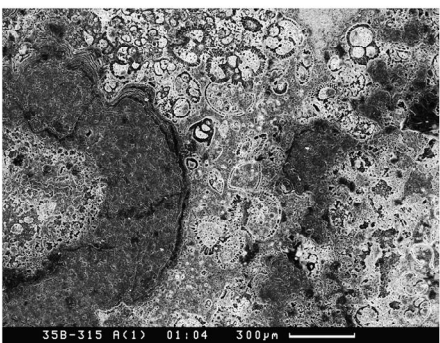
Фиг. 5



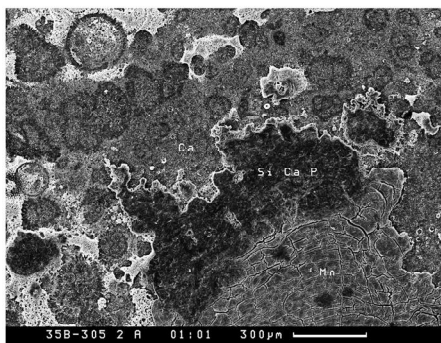
Фиг. 6



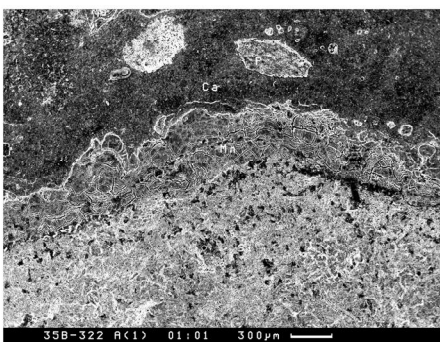
Фиг. 7



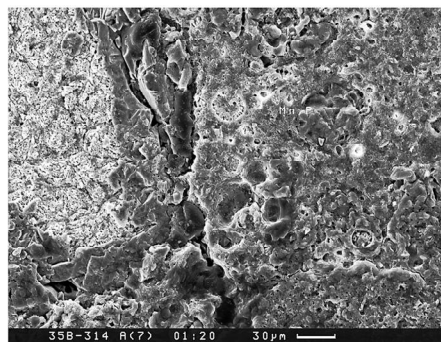
Фиг. 8



Фиг. 9



Фиг. 10



Фототаблица 4.

раковин фораминифер с замещением (фототаблица 4, фиг. 1) вполне обычен. В сечении, когда эти столбчатые формы ориентированы длинной осью в направлении глаза наблюдателя (фототаблица 4, фиг. 3), они кажутся состоящими из последовательно наложенных параллельных слоев и так иногда интерпретируются в корках [7]. Детальное же рассмотрение таких структур показывает (фототаблица 4, фиг. 3), что это срезы концентрических, как уже ясно, кольцевидных образований, характерных для самых внешних частей рассматриваемых форм. Здесь любопытно присутствие реликтов фосфата (светлые маленькие участки (P)) в темной массе ЖМО (Mn). В нижних частях эти формы сливаются, переходят в сплошные массы ЖМО (фототаблица 3, фиг. 4). Иногда высказывались соображения о том, что рассмотренные формы подобны небольшим строматолитовым постройкам. Ряд авторов настоящей статьи неоднократно изучали в СЭМ действительные строматолиты и могут с полной уверенностью утверждать отсутствие какого-то подобия рассмотренных форм с микростроматолитами.

Другой формой реализации ЖМО является проникновение компонентов флюида в стыках раковин и основной массы фосфорита, а также вокруг обломков в брекчиях. Типовой пример первого варианта приведен в фототаблице 4, фиг. 4. Здесь видны разные стадии развития и замещения ЖМО раковин беспозвоночных – от локального появления на границах раковин до полного их замещения (фототаблица 4, фиг. 5). ЭДС замещенной раковины (фототаблица 4, фиг. 6) показал обычный состав ЖМО. Развитие ЖМО вокруг обломка в брекчии приведено на фототаблице 4, фиг. 7.

Примеры разных типов границ крупных по размерам ЖМО обособлений даны на фиг. 8 и 9 фототаблицы 4. В этих примерах ЖМО развиваются в сравнительно слабо фосфатизированных, причем только участками, известняках, но если в первом случае в периферической зоне в ЖМО преобладают кремнезем, фосфаты и немного железа, то во внутренней зоне доминирует обычная железо-марганцевая ассоциация. В другом случае картина прямо противоположная. Естественно, никаких признаков нормально осадочного отложения вещества ЖМО здесь нет. Более того, в массе таких объемных форм ЖМО можно постоянно видеть реликты замещенных фораминифер и фосфата (фототаблица 4, фиг. 10).

Хотя исследование корок еще продолжается, уже выполнено изучение прослоя (по полевому заключению) фосфорита внутри корки, вскрытого в скв.15Б301, и мы посчитали необходимым в одной статье рассмотреть непосредственные соотношения

этого фосфорита и корки и сравнить с развитием ЖМО в субстрате. На фиг. 1–2 фототаблицы 5 приведены фотографии шлифов из этой части керн, на которых видны непосредственные контакты корки и фосфорита. Обращает на себя внимание присутствие перед фронтом корки многочисленных начальных пятнистых форм, в целом, совершенно аналогичных описанным выше (фототаблица 5, фиг. 3). Они также начинают развиваться в раковинах фораминифер, затем выходят за их пределы. При этом удалось показать, что даже рядом находящиеся пятнистые формы могут иметь не только разный состав и строение (фототаблица 5, фиг. 4 и 5), но и участками явно реакционные соотношения с фосфоритом с формированием характерных кристаллических форм (фототаблица 5, фиг. 6–8). Любопытно, что аналогичные кристаллические структуры, но линейного характера, присутствуют и на определенном расстоянии от края корки уже в фосфорите (фототаблица 5, фиг. 9 и фототаблица 6, фиг. 1 и 2).

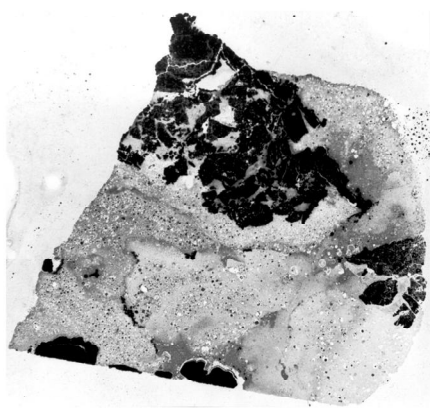
Здесь есть и новые своеобразные формы, например изображенные на фототаблице 6, фиг. 3, где развиты тонкие, почти жилкоподобные ЖМО по закономерным рисункам структуры фосфорита.

Что касается границ корки с фосфоритом, то весьма четкая картина видна, например, на фототаблице 6, фиг. 4 и части фиг. 2 фототаблицы 5, где весьма сложное строение периферической части корки, цветом и структурой различаются локальные участки, совершенно разные и по химическому составу (фототаблица 6, фиг. 5–8). Естественно, здесь не может быть и речи о седиментогенном характере границы корки. Такая позиция подтверждается и наблюдениями в других участках, где могут быть и совершенно иные соотношения, например, на фиг. 9 и 10 фототаблицы 6. И здесь также можно видеть многочисленные реликты фораминифер, в разной степени замещения. Наряду с ними в пределах существенно железо-марганцевой корки встречаются небольшие участки фосфорита, с ходами и остатками заполняющих их микроорганизмов (фототаблица 7, фиг. 1–4).

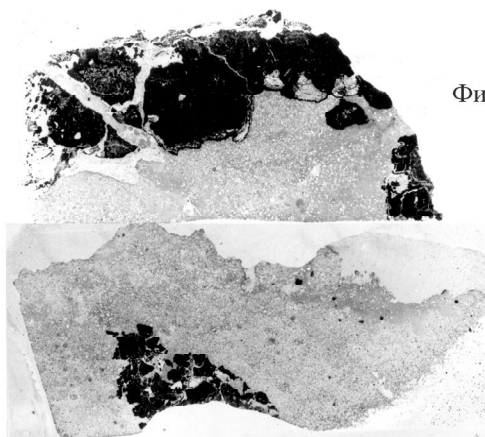
Таким образом, можно считать вполне обоснованным, что каких-нибудь принципиальных различий между развитием ЖМО в субстрате корок и соотношениями реликтов фосфорита с вмещающей коркой нет.

Для полноты картины развития ЖМО необходимо еще рассмотреть особенности кобальто-марганцевых корок (КМК) на эдафогенных обломках, поднятых драгами. На фиг. 5 фототаблицы 7 представлен спил такого обломка фосфатной (20 % P_2O_5) брекчии

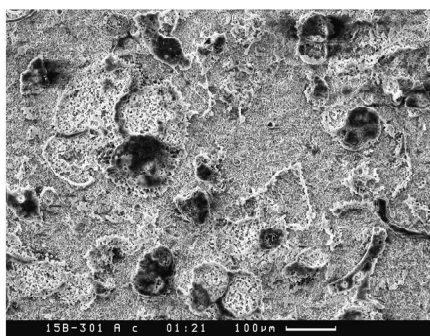
Фиг. 1



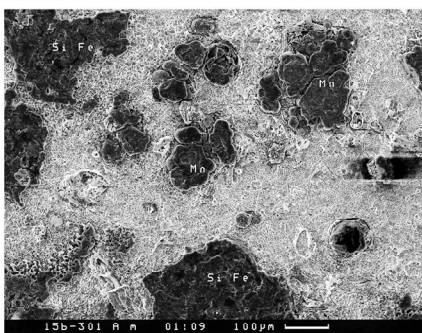
Фиг. 2



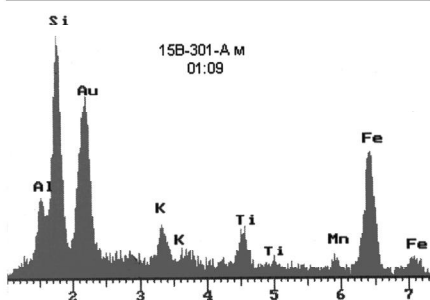
Фиг. 3



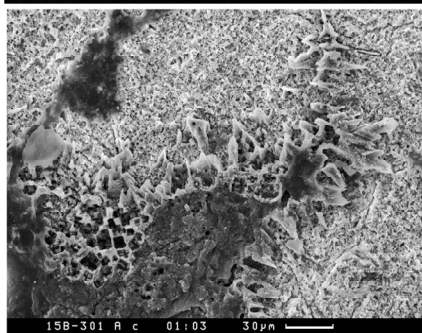
Фиг. 4



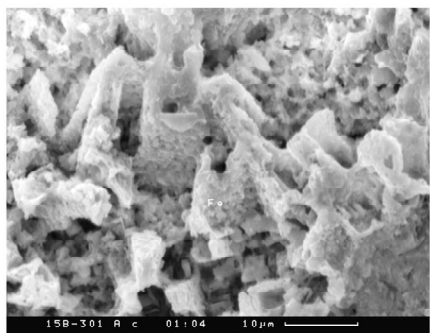
Фиг. 5



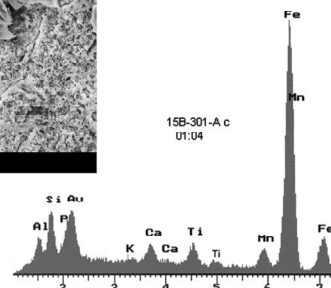
Фиг. 6



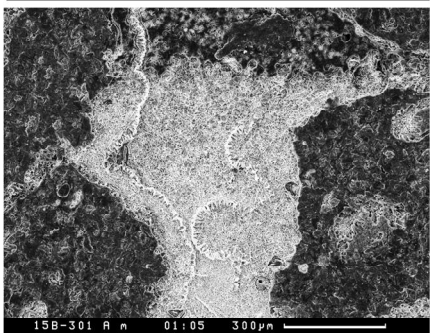
Фиг. 7



Фиг. 8



Фиг. 9



Фототаблица 5.

Фиг. 1. Участки фосфорита (серое) по нанофораминиферовому известняку среди КМК (черное). Керна скв.15Б301-А. Ув. 1,5х. Фиг. 2. То же, другая часть керна. Фиг. 3. Пятноподобные выделения ЖМО (черное) разных стадий формирования преимущественно в раковинах фораминифер перед фронтом КМК. Фиг. 4. То же, но более поздняя стадия развития и соответственно более крупные выделения ЖМО. Разные пятна могут быть существенно марганцевые (Mn) или существенно кремнисто-железистые (Si, Fe). Фиг. 5. То же, ЭДС существенно кремнисто-железистого пятнистого выделения. Фиг. 6. Некоторые пятноподобные формы ЖМО имеют кристаллические образования на границе с фосфоритом. Фиг. 7. Указанные кристаллические образования при большем увеличении. Фиг. 8. ЭДС этих кристаллических образований. Фиг. 9. Протяженные каемки аналогичных кристаллических образований на различных расстояниях в участках сложных соотношений КМК (черное) и фосфорита (светлое). В КМК многочисленные реликты фосфорита (менее светлые).

с отчетливой коркой. В брекчии в карбонатных фрагментах встречаются обломки панцирей морских ежей, верхнемеловых кораллов *Mesomorfa* sp., колоний кораллов *Parasmilia* sp. (сантон-маастрихт), раковин двустворчатых моллюсков Rudistae, вероятно, рода *Biradiolites*, позднемелового возраста. Многочисленные контуры фораминифер недостаточны для надежного определения. Отсутствие характерных верхнемеловых и палеогеновых форм, но присутствие некоторых срезов, напоминающих олигоценые *Turborotalia* и неогеновые *Globigerinoides*, с большой долей условности предполагает, что здесь имеется олигоцен-неогеновый комплекс. Перед внутренней границей корки в брекчии видны разной длины прожилковидные ЖМО, иногда довольно правильные, явно использующие структуры породы (фототаблица 7, фиг. 6). Но собственно корка состоит из массы раковин фораминифер и других организмов, замещенных алюмокремнистым с железом веществом, с естественным присутствием реликтового фосфата (фототаблица 7, фиг. 7 и 8). По данным химического анализа, в корке 1.7 % P_2O_5 . Важно, что и перед ней есть начальные пятнистые формы в раковинах фораминифер, подобные рассмотренным выше. Следует отметить, что различные органические остатки, замещенные ЖМО, есть и в корках на других образцах, например, на пробе 15Д228-В (фототаблица 7, фиг. 9).

В настоящей статье не рассмотрен вулканический субстрат КМК, сравнительно редко вскрытый бурением (см. выше). Такие данные предполагается рассмотреть позже, но учитывая весьма частую фосфатизацию вулкаников подводных гор [5,16], в том числе и гайотов ИОАН, Дальморгеология [9,19], по крайней мере в их фосфатной части, процессы развития ЖМО в них не будут заметно отличаться от рассмотренных выше.

ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Практически все разновидности пород субстрата, вскрытые бурением, были известны по материалам драгирования, проведенного на рассматриваемых

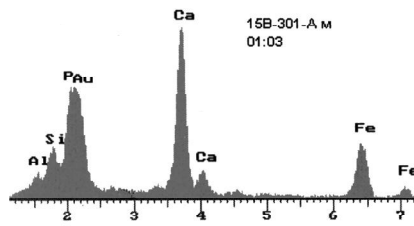
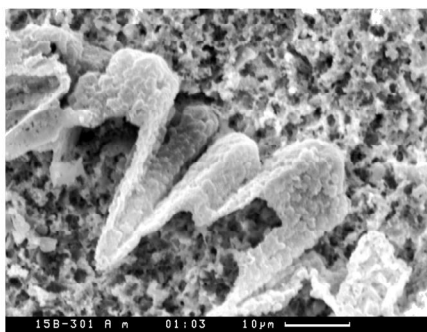
гайотах в предыдущие годы [5, 9, 19]. Ничего существенно нового не получено и по вопросам фосфатизации, но весьма четко вырисовывается максимальная благоприятность развития ЖМО и корок по фосфатизированным, даже в небольшой степени, планктонногенным карбонатным породам и брекчиям. Представляется, что фосфатогенез является важным, благоприятным предшественником последующей железо-марганцевой минерализации, что требует специального рассмотрения (см. ниже). Однако наиболее важные данные получены о развитии железо-марганцевых образований в субстрате и по фрагментам фосфоритов в КМК. Вся совокупность полученных в этом отношении материалов указывает: то, что принято считать железо-марганцевой минерализацией в вершинных частях гайотов, является результатом проникновения далеко не всегда однородных (соответственно, не всегда существенно железо-марганцевых) растворов порового, интерстициального характера в области, благоприятные для перемещения и, соответственно, минерализации – в верхние части геологического разреза гайота и в эдафогенные обломочные осыпи, где развиты хотя бы относительно литифицированные, но сравнительно более пористые, проницаемые породы, которые поэтапно, последовательно замещаются (полностью или частично) этими растворами. Следует подчеркнуть, что никаких данных, которые бы свидетельствовали о седиментационном или, говоря иными словами, гидрогенном способе формирования ЖМО в субстратах или в изученной корке, не получено. Следует проанализировать всю цепочку намечаемых событий, ведущих к формированию ЖМО в субстрате и исследованной корке, включающей фосфорит.

1. Источник растворов и причина их минерализации. Логично полагать, что источником вещества для ЖМО в реальных условиях гайотов могут быть не карбонатные, отчасти фосфатизированные породы их «шапки», а преимущественно, если не исключительно, вулканиды подводной горы. Действительно, если чем-то существенным и отличается фосфатогенез на гайотах от его проявления на шельфах, то

Фототаблица 6.

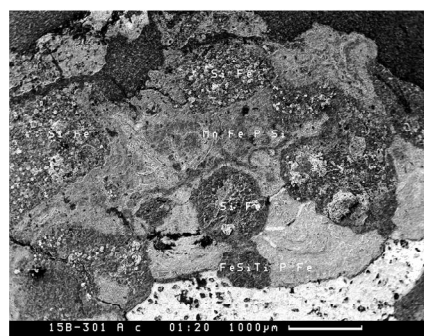
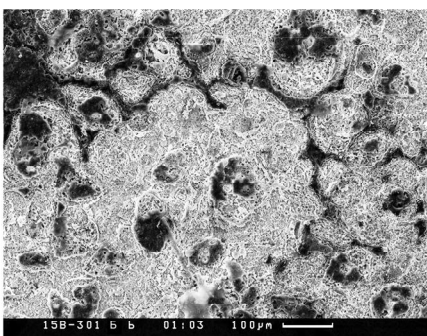
Фиг. 1. Кристаллические каемки фиг. 9 фототаблицы 5 при большем увеличении. Фиг. 2. ЭДС таких каемок. Фиг. 3. Относительно закономерное, тонкое проникновение ЖМО (черное) в фосфорит, наряду с пятноподобными формами. Фиг. 4. Фрагмент границы КМК с фосфоритом (часть фиг. 2, фототаблицы 5 при большем увеличении). Хорошо видны резкие различия в структуре, окраске и химических особенностях (по символам элементов) периферических частей корки. Фиг. 5–8. ЭДС различных по окраске и структуре участков, соответствующих символическим элементам. Фиг. 9. Фрагмент проникновения корки в фосфорит (светлое) с резкими различиями состава на небольших расстояниях: существенно марганцевые (Mn) и кремнисто-железистые (Si+Fe). Фиг. 10. Тесное взаимопроникновение фосфорита и вещества КМК, с многочисленными реликтами фораминифер.

Фиг. 1



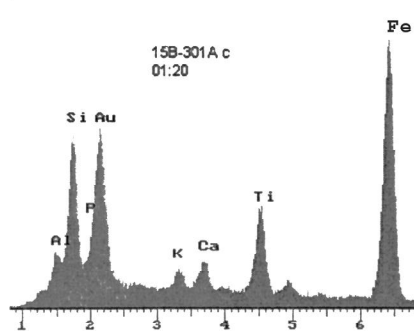
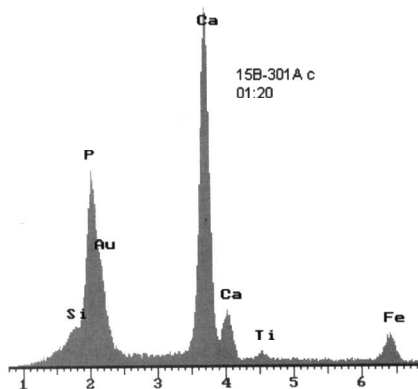
Фиг. 2

Фиг. 3



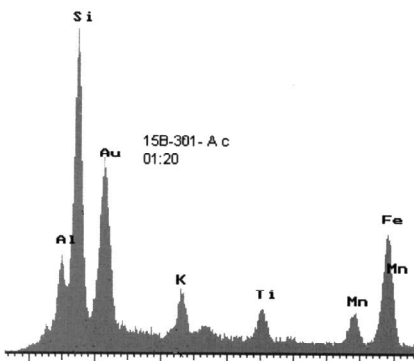
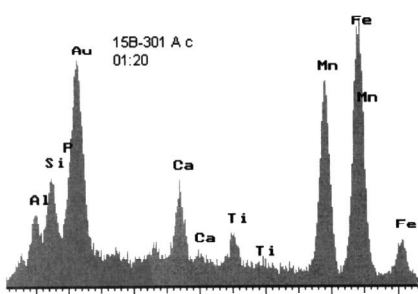
Фиг. 4

Фиг. 5



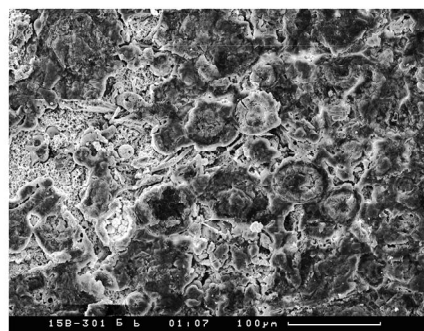
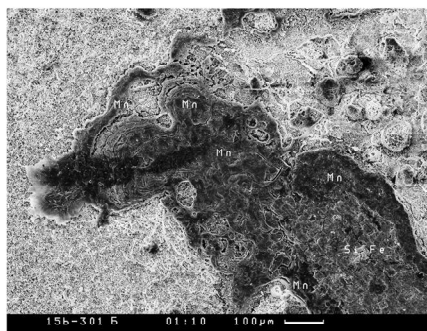
Фиг. 6

Фиг. 7



Фиг. 8

Фиг. 9



Фиг. 10

Фототаблица 6.

только тем, что он реализуется в маломощных карбонатах, налегающих на мощнейшую вулканическую колонну. При гальмиролизе вулканитов, то есть их изменении вплоть до полного разложения, не исключено, что и при поздних проявлениях вулканизма и поствулканической деятельности действительно может происходить обогащение компонентами ЖМО поровых вод, циркулирующих в пределах гайота. Достаточно давно известен состав этих поровых вод [2], в которых содержания главных компонентов ЖМО, корок на порядки выше, чем в придонных водах. При этом, в карбонатных породах стадии острова-атолла не устанавливаются признаки интенсивного растворения, а изменения имеют скорее только позднедиагенетический характер, как и в фосфоритах. Базальтоиды же гайотов, как давно известно, весьма часто цеолитизированы, фосфатизированы и нередко просто разложены.

Данные микроанализов ЖМО, корок показывают, что их состав достаточно широк: кроме, естественно, Mn, Fe почти постоянно присутствие Si, Al, Ca, P, часты Ti, K. Однако иногда даже на расстоянии в первые мкм состав ЖМО и корок весьма резко, хаотически меняется в самых разных направлениях, что вряд ли может соответствовать гидрогенному способу образования. Если учесть, что, по крайней мере, часть фосфата кальция унаследована от замещенного фосфорита, то можно полагать, что нет разумных препятствий считать продукты разрушения базальтоидов гайота главнейшим источником вещества поровых растворов, циркулирующих и в приповерхностной части. Следует добавить, что возникавшие растворы были, возможно, и газонасыщенными, о чем свидетельствуют наблюдения над строением отложенных продуктов в тонких срезах. Видимо, изредка они были и относительно повышеннотемпературными, о чем, вероятно, свидетельствуют полученные примеры развития явно кристаллических форм в близконтактных зонах корок.

2. Пути циркуляции поровых растворов. Несколько ясно из имеющейся информации, движение растворов, формирующих ЖМО, происходит во всех

случаях к периферическим зонам по всему объему гайота, начиная с нижних частей основания до вершинной области. Видимо, это обусловлено течением в направлении уменьшения горного давления, т.е. определяется необходимостью снижения градиентов давления. Динамика движения поровых растворов к границе дно-наддонная вода, в зону окисления, отмечалась неоднократно [6,12]. Естественно, нас более всего интересует движение растворов к привершинной части. Судя по имеющимся наблюдениям, трещинки, стыки обломков раковины с вмещающей массой фосфорита вполне благоприятны для их проникновения. Достаточно широко используются и более тонкие пути проникновения – явно высокопористые раковины фораминифер, очевидно, более пористые (и проницаемые), чем более тонкого сложения части фосфорита. Еще более тонкие поры в участках формирования дендритных, столбчатых форм, где, скорее всего, происходит диффузия в межзерновом пространстве, что, возможно, и обуславливает появление таких своеобразных форм. При фронтальном росте сравнительно крупных обособлений ЖМО в субстрате, скорее, также происходит диффузия сквозь зерновое пространство, но при больших массах поступающего раствора в единицу времени. Здесь следует напомнить, что скорости диффузии водных растворов сквозь межзерновое пространство почти аналогичны скоростям диффузии сквозь жидкость [14], и расчеты показывают, что ЖМО толщиной в 7–8 см могло бы сформироваться в течение 0,5 года при непрерывной поставке флюида.

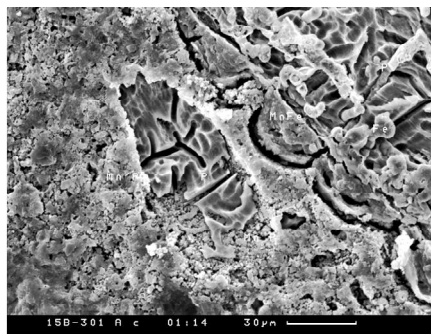
Очевидно, что фосфориты, фосфатизированные планктонногенные известняки и брекчии, в сравнении с явно более плотными известняками стадии острова-атолла, относительно благоприятны для фильтрации флюида, хотя мы пока не обладаем конкретными параметрами их пористости и проницаемости. Это, видимо, означает, что и толщина корок по ним может быть максимальной при условии их первичной максимальной мощности.

Особый вопрос – это возможные пути проникновения растворов сквозь уже отложенное рудное

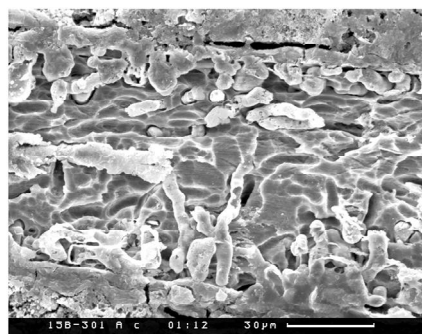
Фотогалаблица 7.

Фиг. 1. Реликты фосфорита со следами (?) микроорганизмов среди массы массивной КМК. Фиг. 2. То же, более детально. Фиг. 3. ЭДС вмещающей КМК. Фиг. 4. ЭДС фосфорита. Фиг. 5. Фотография части драгированного образца 35Д230-1-А. Фосфатная седиментационная брекчия с КМК по периферии (черное). Фиг. 6. Разные формы проникновения ЖМО (черное), в том числе жилкоподобные, следующие трещинным структурам в фосфатной брекчии ниже основной корки. Фиг. 7. Непосредственный контакт КМК (черное) с фосфатной брекчией. Отчетливо видна масса реликтов раковин фораминифер и других организмов в сложении корки, а в фосфатной брекчии – пятнистые формы ЖМО в фораминиферах. Фиг. 8. ЭДС корки. Фиг. 9. Во вдающихся в фосфатную брекчию частях корки (черное) содержатся реликты различных фоссиллий.

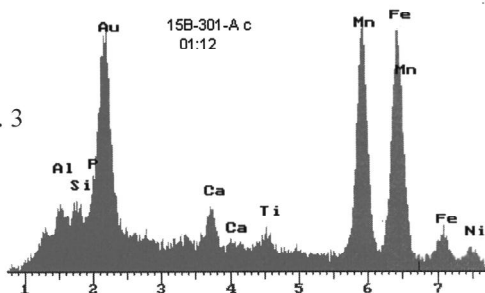
Фиг. 1



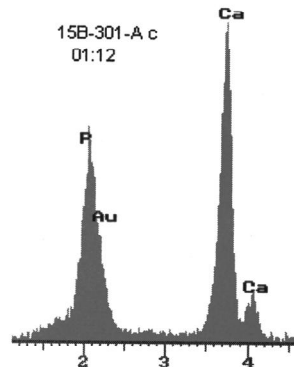
Фиг. 2



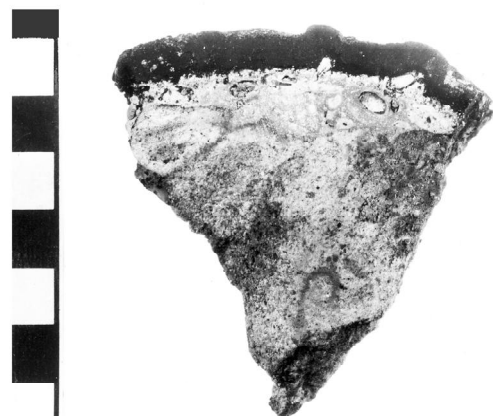
Фиг. 3



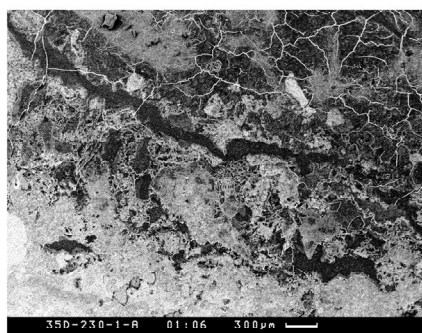
Фиг. 4



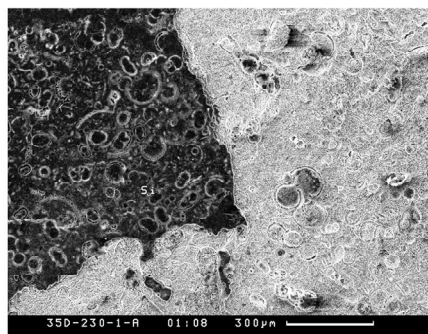
Фиг. 5



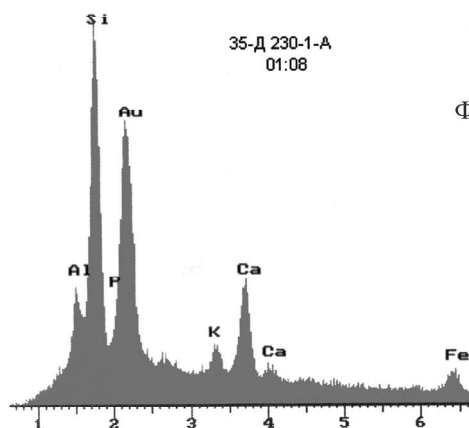
Фиг. 6



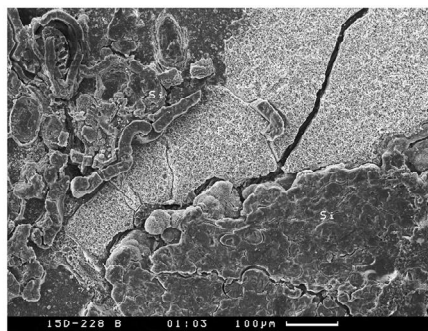
Фиг. 7



Фиг. 8



Фиг. 9



Фототаблица 7.

вещество. Наблюдения показали – внешние зоны ЖМО весьма высоко, естественно тонко, но пористые и, видимо, хорошо проницаемые. Это и позволяет расти таким формам, как дендритные, на расстояния в сотни мкм в ориентированном направлении сквозь уже отложенное ранее вещество, не обязательно абсолютно аналогичное по составу.

3. Характер отложения и вариации состава.

Весьма важные наблюдения касаются постоянного присутствия реликтов биологических структур фосфоритов, самих фосфоритов во всех формах ЖМО, корках. Следует отметить, что практически во всех публикациях, где излагаются результаты исследования строения корок с использованием в том числе и электронной микроскопии [например, в 3, 4, 17, 18], приводятся подобные факты. Однако эти факты преимущественно не комментируются, а несколькими строками ниже можно найти утверждения о гидрогенном образовании таких корок. Конечно, реликтов раковин было бы значительно больше, если бы, например, фораминифер в фосфоритах было бы просто больше, не были бы проявлены процессы их разрушения. Все это означает, что, по крайней мере в значительной степени, отложение вещества ЖМО идет путем пропитывания растворами и замещения фосфоритов и фосфатизированных известняков (в других случаях и различных вулканитов). При этом нет примеров разрушения существовавших биологических структур, но имеет место их репликация по биологической матрице, почти так же, как это происходит при фосфатизации [7]. Однако нет и примеров сохранения иных структур, кроме биологических. Видимо, следует признать, что даже на стадии последующего замещения биологические структуры столь же трудно разрушаются, как и на стадии раннего диагенеза. При этом, очевидно, сохраняются в отложенном веществе определенные количества фосфата от фосфорита или кальцита известняка.

Таким образом, следует признать, что определенная часть отлагающегося вещества может формировать и оригинальные, не наследуемые структуры. Типичным примером их следует считать дендритные, столбчатые формы, хотя и они могут участками реплицировать раковины фораминифер. Их формирование в значительной степени несет признаки повторяющейся пульсации (во внешних частях), с формированием кольцевых структур, возможно соответствующих автоколебательным режимам, подобным обеспечивающим рост колец Лизиганга, но, конечно, вряд ли в полном соответствии с представлениями Ю.О. Пунина и др. [11]. Вероятно, и рост крупных обособлений ЖМО, корок идет в передовом фронте примерно аналогич-

но, но при этом очень хорошо сохраняются и биоморфозы, сквозь которые проходят передовые валкообразные (кольцевые?), возможно тоже диффузионные структуры проникающих растворов.

Другой важной проблемой является состав отлагаемого вещества. Изучение показало исключительно большие вариации составов сформировавшихся минеральных форм на расстояниях в несколько микрон. Резко варьируют по составу фронтальные и внутренние части. Крайняя неустойчивость составов сформировавшихся минеральных форм, таким образом, является, безусловно, характерной особенностью. Поэтому анализы ЖМО и корок, их частей отражают некоторую случайную картину только для опробованного участка, что следует иметь в виду при их оценке. С учетом этих фактов следует оценивать и минеральные формы ЖМО, корок. Кристаллическое строение ЖМО и корок, присутствующее только на стыке с вмещающим фосфоритом или даже на расстоянии от границ корки в фосфорите (что означает воздействие растворов даже на некоторое расстояние от их основного отложения), крайне ограничено. Вероятно, это может служить указанием, что поступающие растворы только иногда имели сравнительно высокие температуры. Ничего подобного нельзя сказать о веществе биоморфоз, где, конечно, возможны, в крайнем случае, только скрытокристаллические структуры, аналогичные, например, характерным для фосфоритов. Можно поэтому полагать, что реально кристаллическое строение в сложении ЖМО и корок крайне ограничено, а, в основном, видимо, преобладает скрытокристаллическое или даже колломорфное.

В заключение следует обсудить еще ряд общих вопросов. С позиций исследователей, принадлежащих к англо-американской школе, процессы формирования ЖМО и отчасти корок несомненно являются диагенетическими, поскольку все преобразования породы после ее формирования, вплоть до катагенеза, рассматриваются ими таковыми. В отечественной литологической школе диагенез, по сути, ограничивается литификацией породы. Так, при рассмотрении, например, процесса образования глубоководных конкреций [13] отечественные специалисты не привязывают его к преобразованиям осадка, а рассматривают его как достаточно независимый. В рассматриваемом случае логично считать процессы формирования ЖМО как наложенные, обусловленные лишь тем, что сформированные карбонатные, отчасти фосфатизированные породы подверглись изменению только потому, что отложились на мощной

вулканической постройке, которая была и местом, и причиной генерации изменивших их флюидных потоков. В любой иной ситуации фосфориты не подверглись бы таким изменениям.

На настоящей, еще не полной стадии изучения КМК мы не можем утверждать, что весь их разрез построен в результате воздействия поровых растворов, а не сформирован по гидрогенной модели. Но несомненным является тот факт, что, по крайней мере, нижняя часть этого разреза отчетливо несет признаки образования путем замещения фосфатных пород поровыми растворами, и это хорошо объясняет высокие содержания фосфатов в этих частях корок, даже когда визуально или в оптическом микроскопе фосфориты не видны. Дальнейшие исследования корок, которые несомненно нужны, должны сопровождаться более точными микрозондовыми анализами, в совмещении с СЭМ.

В итоге отметим, что в постройках гайотов Магеллановых гор действовал мощный, объемный источник вещества в виде пород основного состава. Их гальмиролиз, различная вулканическая деятельность могли обеспечить значительные концентрации в поровых водах комплекса главных элементов ЖМО, корок: Si, Al, Fe, Mn, Ti, Co, Ni, K. Повышенные концентрации фосфатов наследуются от замещаемых пород. Градиенты давления в вулканической постройке гайота обеспечивают отжим поровых вод в периферические зоны. В привершинной части гайота более проницаемыми, вследствие относительно повышенной пористости, при естественном литифицированном состоянии, являются фосфориты, брекчии и вулканиты. Вследствие совокупности названных причин в них прежде всего и разгружается, концентрируется соответствующее оруденение. Нелитифицированные, рыхлые осадки, вследствие диффузионного характера флюидного потока с сравнительно медленными скоростями проникновения, не могут обеспечить рудоотложение. Однако относительно литифицированные обломки в эдафогенных накоплениях на поверхности гайота минерализуются указанными флюидами с периферии, с образованием соответствующих корок. Дальнейшие исследования, которые совершенно необходимы, смогут детализировать некоторые важные элементы намеченной картины, но уже сейчас ясно, что участки максимальных мощностей фосфоритовых накоплений обеспечат и максимальные объемы ЖМО, корок. Наиболее интенсивная проработка субстрата флюидом обусловит максимальные содержания Fe, Mn и, соответственно, Ni и, возможно Co.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ: № 02-04-48094; 03-05-64499, НШ-974.2003.5.

ЛИТЕРАТУРА

1. Авдонин В.В., Кругляков В.В., Пономарева И.Н., Титова Е.В. Полезные ископаемые Мирового океана. М.: Изд-во МГУ, 2000. 159 с.
2. Батурич Г.Н. Геохимия железомарганцевых конкреций океана. М.: Наука, 1986. 328 с.
3. Батурич Г.Н., Дубинчук В.Т. Микроструктуры железомарганцевых конкреций океана: Атлас микрофотографий. М.: Наука, 1989. 288 с.
4. Богданов Ю.А., Сорохтин О.Г., Зоненшайн Л.П. и др. Железомарганцевые корки и конкреции подводных гор Тихого океана. М.: Наука, 1990. 229 с.
5. Волохин Ю.Г., Мельников М.Е., Школьник Э.Л. и др. Гайоты Западной Пацифики и их рудоносность. М.: Наука, 1995. 368 с.
6. Кронен Д. Подводные минеральные месторождения. М.: Мир, 1982. 391 с.
7. Кругляков В.В., Мельников М.Е., Голева Р.В. и др. Рудные корки подводных поднятий Мирового океана. Геленджик, 1993. 127 с.
8. Мельников М.Е., Пуляева И.А. Железомарганцевые корки поднятия Маркус-Уэйк и Магеллановых гор Тихого океана: строение, состав, возраст // Тихоокеан. геология. 1994. Т. 13, № 4. С. 13–27.
9. Мельников М.Е., Школьник Э.Л., Пуляева И.А., Попова Т.В. Результаты детального изучения оксидной железомарганцевой и фосфоритовой минерализации на гайоте ИОАН (Западная Пацифика) // Тихоокеан. геология. 1995. Т. 14, № 5. С. 4–20.
10. Мельников М.Е. Геологическое строение месторождений железомарганцевых корок и конкреций подводных гор западной части Тихого океана: Автореф. дис.... д-ра геол.-минер. наук. М., 2000. 46 с.
11. Пунин Ю.О., Сметанникова О.Г., Демидова Г.Е., Смольская Л.С. О динамике формирования океанических железомарганцевых конкреций // Литология и полез. ископаемые. 1995. № 1. С. 40–50.
12. Рой С. Месторождения марганца. М.: Мир, 1986. 520 с.
13. Скорнякова Н.С., Батурич Г.Н., Мурдмаа И.О. Железомарганцевые конкреции приэкваториальной зоны радиоляриевых илов Тихого океана // 27-й МКГ. Геология Мирового океана. Секция С.06. Докл. 1984. Т.6, Ч. 1. С. 19–27.
14. Файф У., Прайс Н., Томпсон А. Флюиды в земной коре. М.: Мир, 1981. 436 с.
15. Хершберг Л.Б., Задорнов М.М., Юринец М.М. и др. Результаты сравнения глубоководного бурения морского дна с данными драгирования в западной Пацифике // Тихоокеан. геология. 1999. Т. 18, № 1. С. 115–117.
16. Школьник Э.Л., Батурич Г.Н. О фосфатизации базальтов подводных гор Тихого океана // Тихоокеан. геология. 1987. № 4. С. 30–34.
17. Школьник Э.Л., Тан Тяньфу, Суэ Яосон, Ю Цонлю. Электронно-микроскопическое изучение фосфоритов гайота ИОАН (Тихий океан) // Тихоокеан. геология. 1996. Т. 15, № 1. С. 102–109.
18. Школьник Э.Л., Тан Тяньфу, Еганов Э.А. и др. Природа фосфатных зерен и фосфоритов крупнейших бассейнов мира. Владивосток: Дальнаука, 1999. 207 с.
19. Школьник Э.Л., Хершберг Л.Б., Задорнов М.М., Чудаев О.В. О фосфоритах гайота Дальморгео Магеллановых

- гор Тихого океана // Тихоокеан. геология. 2000. Т. 19, № 2. С. 101–108.
20. Bogdanov Y.A., Bogdanova O.Y., Dubinin A.Y. et al. 44 Composition of ferromanganese crusts and nodules at northwestern

Pacific guyots and geologic and paleoceanographic considerations // Haggerty J.A., Premoli Silva L., Rack F. and McNut M.K. (Eds.), Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results. 1995. V. 144.

Поступила в редакцию 3 июня 2003 г.

Рекомендована к печати Г.Л. Кирилловой

*E.L. Shkolnik, Ye.A. Zhegallo, I.N. Ponomareva, M.Ye. Melnikov, E.A. Yeganov,
T.M. Khulapova, T.Ye. Sedysheva, I.K. Basov*

Results of the study of substratum of cobalt-manganese crusts based on the cores from the holes drilled on IOAN and Dalmorgeologiya Guyots, Magellan Seamounts, Pacific Ocean

The substratum of cobalt-manganese crusts penetrated by numerous deep-sea holes drilled on IOAN and Dalmorgeologia Guyots of Magellan seamounts in the Pacific Ocean has been studied. The complex of rocks has been characterized, and ferromanganese formations (including Si, Al, and frequently Ti) developed in the substratum in different forms have been studied in detail. They are considered to be the products of deposition of water fluids arising in the volcanic pedestal and unloading on the guyot's periphery when penetrating into the top parts of rocks to a different degree phosphatized mainly by replacement, which is demonstrated by numerous relicts of the substratum and the remains of organisms in them.