

УДК 553.64

О ПРИРОДЕ ФОСФОРИТОВ ОСТРОВА РОЖДЕСТВА (ИНДИЙСКИЙ ОКЕАН)

© 2008 г. Э. Л. Школьник¹, Г. Н. Батури², Е. А. Жегалло³

¹Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, Владивосток

²Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва

³Палеонтологический институт РАН, Москва

e-mail: gbatur@ocean.ru

Поступило 13.06.2007 г.

Детальное исследование микроструктур фосфоритов о. Рождества под сканирующим микроскопом в сочетании с анализом их химического состава показало, что по своему строению и составу они близки как к зернистым и микрозернистым фосфоритам морского происхождения на современных континентах, так и к некоторым фосфоритам на гайотах Тихого океана. Состав фосфоритов, условия их залегания и соотношение с ассоциирующими породами свидетельствуют, что гипотеза формирования фосфоритов за счет преобразования гуано предполагаемых колоний птиц не соответствует наблюдаемым фактам. В то же время вопрос об источнике локальной импрегнации фосфоритов оксидами железа и марганца остается неясным и требует дальнейшего исследования.

На о. Рождества фосфориты открыты во время знаменитого рейса “Челленджера” в 1876 г. и много лет с небольшими перерывами разрабатываются. Эти фосфориты и сопровождающие их продукты латеритного выветривания (алюмо- и железофосфаты) неоднократно описывались в зарубежной [22, 23, 27] и отечественной [3, 7, 9, 10] литературе, но их реальная природа оставалась недостаточно выясненной. В основном они привлекали внимание исследователей как объект значительного поверхностного выветривания кальциевых фосфатов и вулканитов с развитием железо- и алюмофосфатов, минералогически состоящих из баррандита, крадаллита и/или миллисита, которые, по результатам экспериментальных исследований [14], более устойчивы в условиях выветривания. Однако именно кальциевые фосфаты острова представляют наибольший интерес в рамках решения проблемы образования т. н. “островных фосфоритов” в Мировом океане. К настоящему времени продолжают конкурировать несколько гипотез их образования – от формирования в результате накопления и преобразования гуано птиц до сравнительно недавно выдвинутой французскими исследователями идеи т.н. эндоапвеллинга [25, 26]. Авторы настоящей статьи также неоднократно обращались к этой проблеме и на примерах изучения фосфоритов о. Науру, нескольких Сейшельских островов в Индийском океане и о. Сала-и-Гомес в Тихом океане [2, 3, 7, 8, 16–18] приводили доказательства близости условий образования фосфоритов на островах и на континентах. Фосфориты о. Рождества дают в этом отношении существенные подтверждения таким

представлениям, что ранее не привлекало к себе должного внимания.

УСЛОВИЯ ЗАЛЕГАНИЯ ФОСФОРИТОВ

Остров Рождества имеет своеобразную форму, близкую к Т-образной, что, возможно, отражает взаиморасположение вулканических гребней (рис. 1). Соответственно длины этих двух частей 17 и 18 км. Вместе они образуют плато высотой до 300 м над уровнем океана, ограниченное преимущественно с южных румбов террасовидными площадками с крутыми уступами, а в остальной части локальными террасами с такими уступами, в основном же, с более отлогими склонами. Крутые уступы уходят на глубину, образуя крутое же погружение цоколя острова, а отлогие склоны так же полого продолжают в океан.

Остров покоится на четырехкилометровой вулканической горе, которая располагается на вулканическом же региональном пьедестале мощностью до 4 км. Соответственно, лишь в верхней части подводной горы развиты карбонатные породы, перемежающиеся с вулканитами. К сожалению, разработанной стратиграфической схемы последовательности напластования нет, вероятно, из-за весьма слабой обнаженности. Лимбургиты – породы наиболее верхней серии вулканитов – отчасти обнажаются на небольших участках, но в основном перекрыты существенно баррандитовыми железо-алюмофосфатными корками выветривания, а также биоморфными эоцен-нижнемиоценовыми карбонатными породами с примесью микрита и в меньшей степени

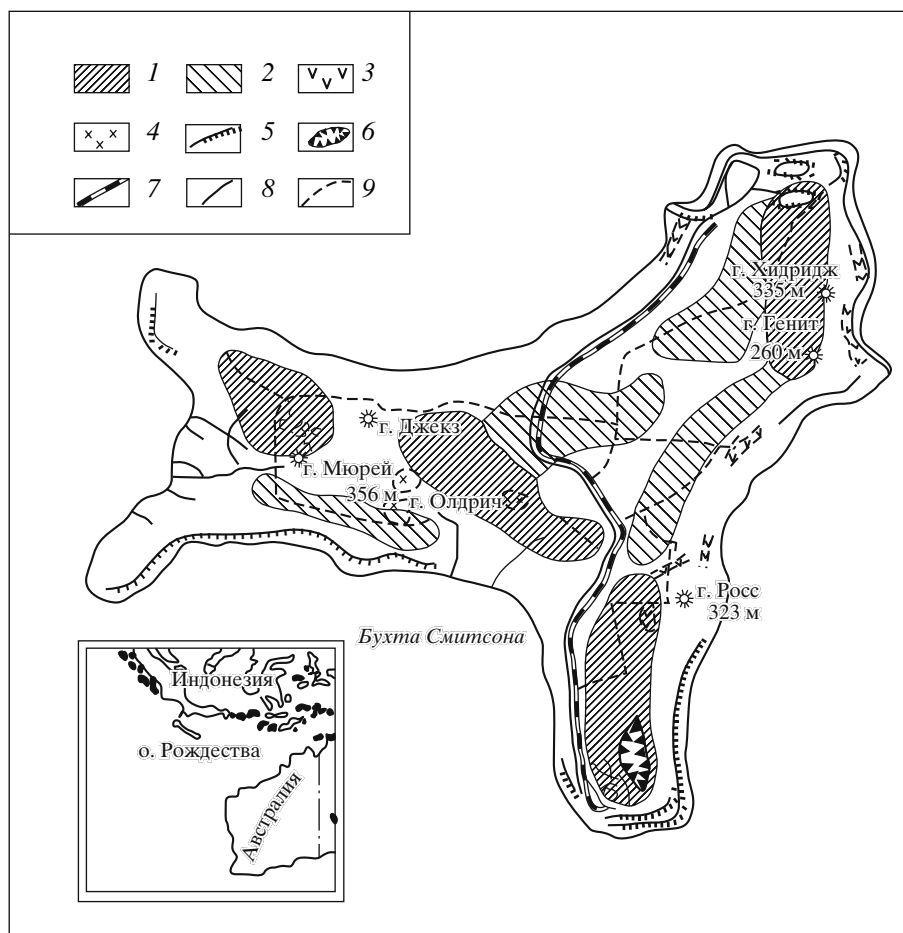


Рис. 1. Схематичная геологическая карта о-ва Рождества [27].

1 – участки с преобладанием кальциевых фосфатов; 2 – участки с преобладанием железо-алюмофосфатов; 3 – вулканические породы; 4 – фосфатизированные вулканические породы; 5 – утесы; 6 – карьеры; 7 – железная дорога; 8 – шоссейная дорога; 9 – тропа.

брекчевидными и доломитизированными известняками. Эоценовые известняки содержат обильные бентосные фораминиферы, а миоценовые состоят из инкрустирующих и бентосных фораминифер, кораллов, моллюсков и морских водорослей. На вершинном плато распространены выщелоченные и перекристаллизованные разности известняков.

Поскольку образование фосфоритов связывается с накоплениями птичьего гуано на существовавшем ранее рифе, представляется важным выявить его структуру. Но из-за очень плохой обнаженности это удалось сделать лишь частично. По данным Трумена [27], обнажающиеся на краях крутых террас известняки, состоящие из инкрустирующих фораминифер, водорослей, кораллов и неравномерных обломков пород, являются сохранившейся рифовой лентой, в то время как внутри острова есть редкие обнажения моллюсковых известняков, видимо, отвечающих ла-

гуне. Эта область соответствует наиболее пониженной части вершинного плато, и здесь есть обнажения из интенсивно перекристаллизованного доломита, также относимого к лагунным образованиям. В пользу такой интерпретации свидетельствует распространение фосфоритов на высотах вокруг пониженной области, однако, есть несколько их обнажений и в депрессионной части. Но если считать, что поля развития железо-алюмофосфатов соответствуют распространению вулканитов, то на плато не остается места для лагуны. Кроме того, лагунные отложения на острове не описаны.

Разрабатываются только фосфаты кальция – хрупкие породы, залегающие в карровых полях, состоящих из крепких известняковых башенок (пиннаклей), между которыми располагаются V-образные депрессии, заполненные рыхлыми и плотными, отчасти массивными, коркоподобными, полосчатыми, кристификационно-слоистыми, оолитовыми

и пизолитовыми фосфоритами. Глубина таких депрессий достигает 35 м, средняя – около 7.5 м. С поверхности нескрытые фосфоритовые заполнения покрыты корками крандаллита и/или миллисита. На поверхности также могут находиться валуны фосфоритов. Предполагается, что в результате аэробного распада накопленного гуано по периметру рифа оно потеряло азотные компоненты, растворилось и в результате взаимодействия с карбонатами обогащенных фосфатами грунтовых вод образовался массивный апатитовый фосфорит – наурит. По сути, фосфориты острова рассматриваются как результат замещения известняков на глубину более 35–40 м такими растворами. Собственно массивные фосфориты обнажаются только на двух участках, но могут занимать сравнительно небольшие площади. Они состоят из блоков конкреционных фосфоритов и их считают отложениями источников – возможными продуктами вторичного обогащения. Они содержат фтора больше, чем немассивные разности. Слоистые фосфориты также считают продуктом растворения и переотложения, но имеются неподтвержденные указания, что они содержат остатки зеленых водорослей и фекальные pellets ракообразных [27]. Для этих пород характерно присутствие участков, обогащенных органическим веществом, а слои выделяются по неравномерному распределению зерен с углеродистым веществом и зерен без него. Предполагается, что зерна могли сформироваться путем химического осаждения [27].

В просвечивающем электронном микроскопе установлено несколько типов ультрамикроструктур фосфоритов – беспорядочно-шестоватая, радиально-лучистая и псевдооолитовая [9, 10, 12]. Баррандит распространен в корах выветривания на вулканитах, а в фосфоритах присутствуют его псевдоморфозы по фенокристаллам оливина и другим минералам лимбургитов, что свидетельствует о замещении фосфатом вулканитов [27]. Крандаллит-миллиситовые коры развиваются по фосфоритам. Просвечивающая электронная микроскопия последних позволила установить неравномерно-зернистые и удлиненно-зернистые разновидности [10, 12]. К другим особенностям фосфоритов острова относится замещение железо-марганцевыми (ЖМ) образованиями крандаллитизированных оолитовых фосфоритов, однако причины и значение этого факта не интерпретировались. На нижней террасе острова встречены галечные фосфориты, являющиеся, видимо, продуктами переотложения фосфоритов основного поля.

В отечественной литературе, посвященной острову, рассматривались преимущественно широко развитые образования коры выветривания, формирующейся в теплом влажном климате [10]. Территория острова покрыта густым тропическим лесом, что способствует латеритному выветриванию. Не менее важен для развития этого процесса животный

мир острова: по существующим оценкам, он является местом обитания популяции около 100 млн. крабов (на площади в 156 км²). В результате на подавляющей части поверхности острова развита мощная латеритная кора выветривания – рыхлые пылевидные почвы, часто интенсивно фосфатные. Птицы обитают главным образом на прибрежных скалах, но никаких признаков накопления гуано в настоящее время нет. Следует отметить еще одно важное обстоятельство – остров находится в центре пояса южно-пассатных ветров, что способствует динамике поверхностных вод вблизи него. Но в целом ответ на вопрос о предполагаемой генетической связи фосфоритов о. Рождества с гуано и об условиях формирования фосфоритов не получен, что явилось стимулом для подготовки настоящей статьи.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом нашего исследования явились фосфориты из коллекции ИО РАН, собранной Ю.А. Богдановым в 35-м рейсе научно-исследовательского судна “Витязь” в 1965 г., и два образца (4448 и 4749), предоставленные в наше распоряжение Ю.Н. Заниным и полученные им ранее от Трумена (Геологическая служба Австралии).

Наряду с петрографическим изучением было выполнено исследование образцов в сканирующем микроскопе Sam-Scan 4, совмещенном с микроанализатором, в ПИН РАН. Химический состав образцов № 194–196 определен в аналитической лаборатории ИО РАН атомно-абсорбционным, рентгенофлуоресцентным и химическим методами.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследованные образцы фосфоритов представляют две основные разновидности: 1 – типичные оолитово-зернистые фосфориты, включая разнообразные обломки т.н. первичных (инситных) пород, которые по своему облику сходны с зернистыми и оолитово-зернистыми мел-эоценовыми фосфоритами Северной Африки и Ближнего Востока; 2 – инситные афанитовые, местами неясно слоистые фосфориты, аналогичные тем, которые в виде обломков присутствуют в первой разновидности фосфоритов. Обе разновидности в разной степени затронуты процессами латеритного выветривания.

1. Оолитово-зернистый фосфорит (рис. 2а) состоит из сравнительно крупных и реже мелких обломков породы, а также фосфатных оолитов в пелитоморфном матриксе. Характерно, что некоторые оолиты замещены черными оксидами Mn и Fe. На фотографии в СЭМ видны обломки фосфоритов разных размеров (рис. 2б и 2г). ЭДС крупного обломка (рис. 2в) подтверждает, что он состоит преимущественно из фосфата кальция. Сложное строение фосфатного оолита представ-

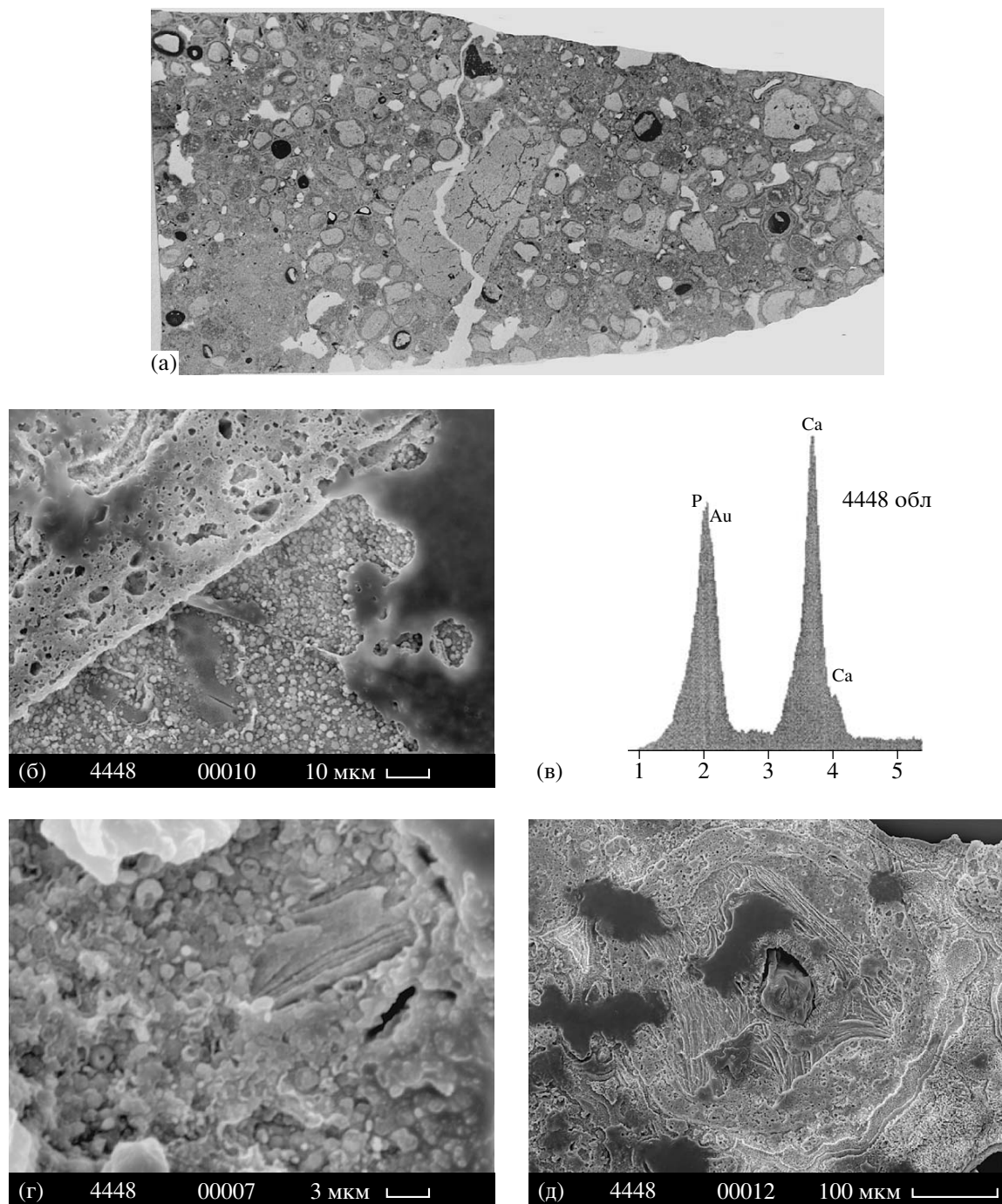


Рис. 2. Строение микрозернистых фосфоритов.

(а) – фотография прозрачного шлифа обр. 4448 оолитово-зернистого фосфорита в проходящем свете. Увел. $\times 5$. (б) – фотография в СЭМ (и далее) обр. 4448. Видны разные по размерам обломочные фрагменты и зерна размером 1–2 мкм. (в) – ЭДС обломка рис. 2б. (г) – небольшие обломки в зернистом матриксе руды. (д) – сложный оолит с проникающими черными гидроксидами железа и марганца.

лено на рис. 2д. Здесь хорошо видно развитие черных гидроксидов Fe и Mn, проникающих в оолит и замещающих его. Матрикс, заполняющий пространство между обломками, выглядит в оптическом микроскопе как микритовый, но при

изучении в СЭМ оказывается сложным агрегатом округлых глобулярных (кокковидных) форм диаметром от менее 1 до 3 мкм (рис. 3а). Встречаются также единичные нитчатые формы. Судя по ЭДС (рис. 3б), глобулы состоят, так же как и об-

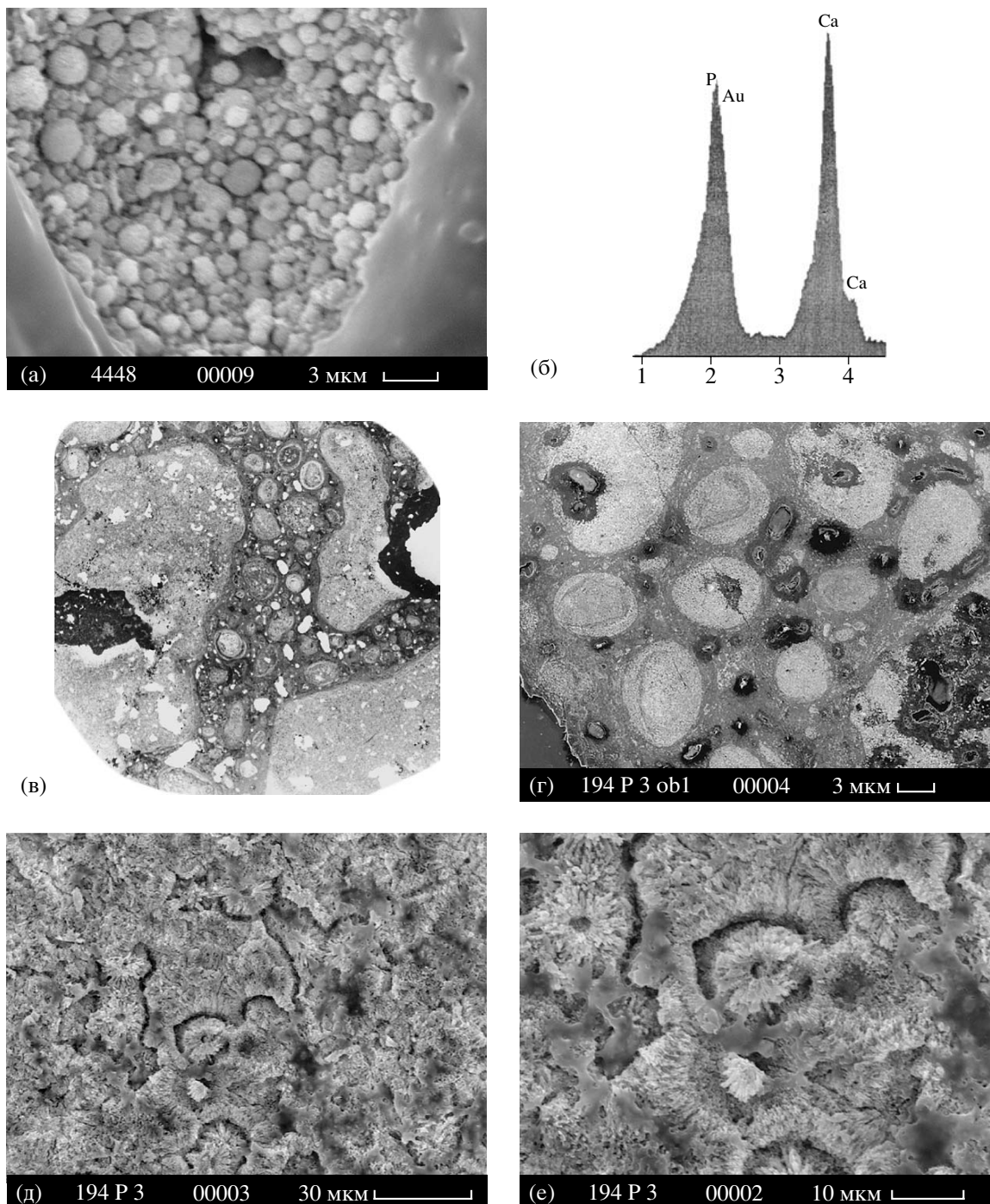


Рис. 3. Строение микрозернистых и обломочных фосфоритов.

(а) – матрикс руды из агрегата глобулярных и редко нитчатых образований. (б) – ЭДС матрикса на рис. 3а. (v) – Фотография прозрачного шлифа обр. 194-Р3 оолитово-зернистого фосфорита в проходящем свете. Увел. $\times 5$. Черные участки – проникновение ЖМ оксидов в фосфорит. (г) – участок развития оолитов в руде. Фото в СЭМ и далее. (д) – крупный обломок фосфорита, включающего округлые образования радиально-лучистого строения. (е) – фрагмент рис. 3д.

ломки, из фосфата кальция. Образец 194-Р3, представленный на рис. 3в, также включает обломки массивных фосфоритов различных размеров, фосфатные оолиты и микритовый матрикс. Железомарганцевая минерализация проявляется

в замещении как оолитов, так и отдельных участков породы, что видно на рис. 3в.

2. Строение крупных обломков фосфорита установить труднее из-за заметных диагенетических изменений. На рис. 3д и 3е при последователь-

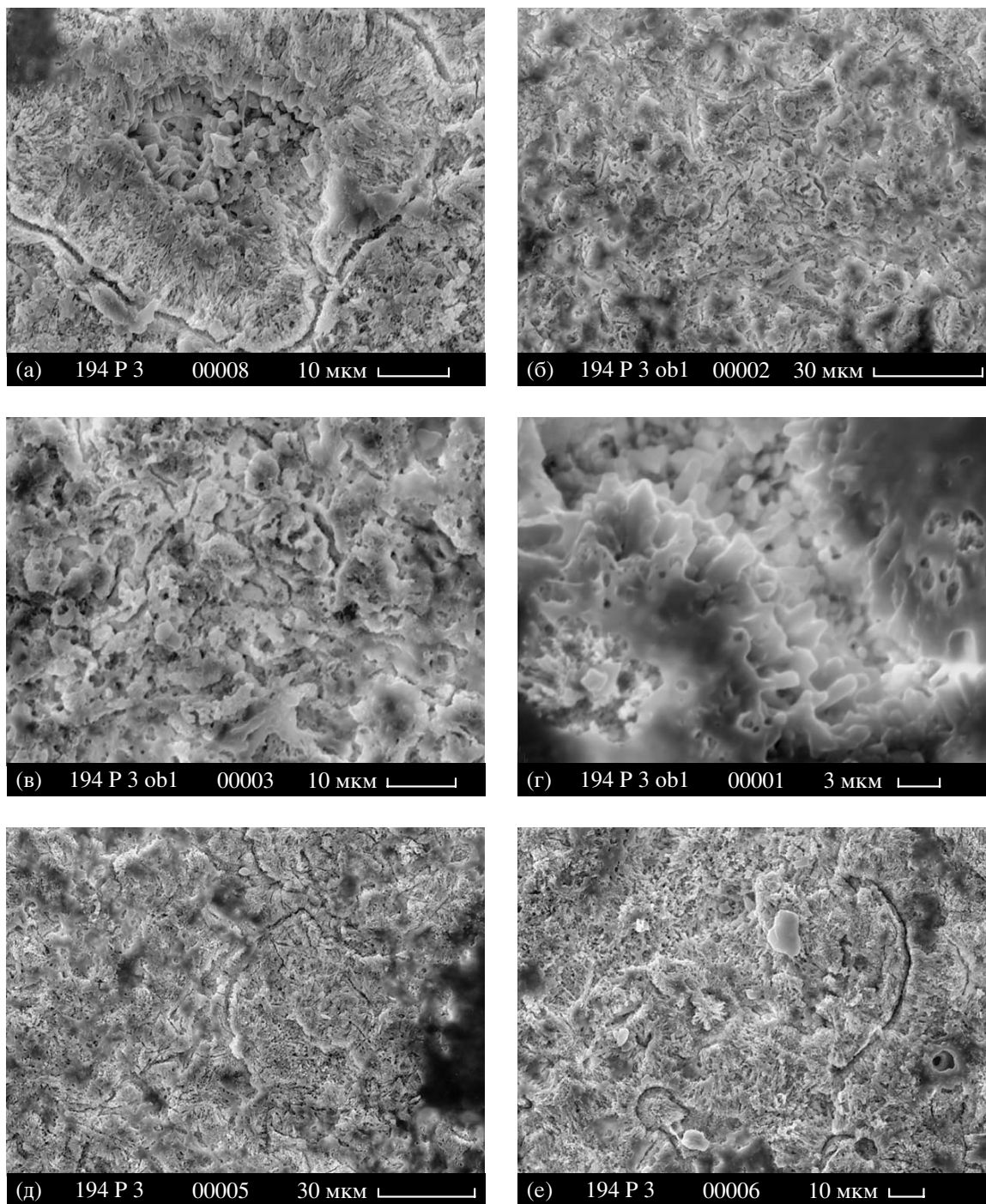


Рис. 4. Строение обломочных фосфатных пород.

(а) – фрагмент рис. 3д с мелко-столбчатыми образованиями. (б–г) – строение других крупных обломков; (д, е) – водорослевидный тип строения обломка фосфорита.

ном увеличении показано строение одного из фосфоритовых обломков, состоящего, вероятно (судя по рисункам в работе [11]), из скоплений остатков зеленых водорослей, имеющих в данном случае породообразующее значение. Видимо, другие виды водорослей представлены на рис. 4а–4г и 4д–4е.

Тонкозернистый матрикс, представленный, как и в предыдущем образце, агрегатом глобулярных форм (рис. 5а), в данном случае существенно крандаллитизирован, о чем свидетельствует повышенное содержания алюминия (рис. 5б). Характерно также присутствие железа, отражаю-

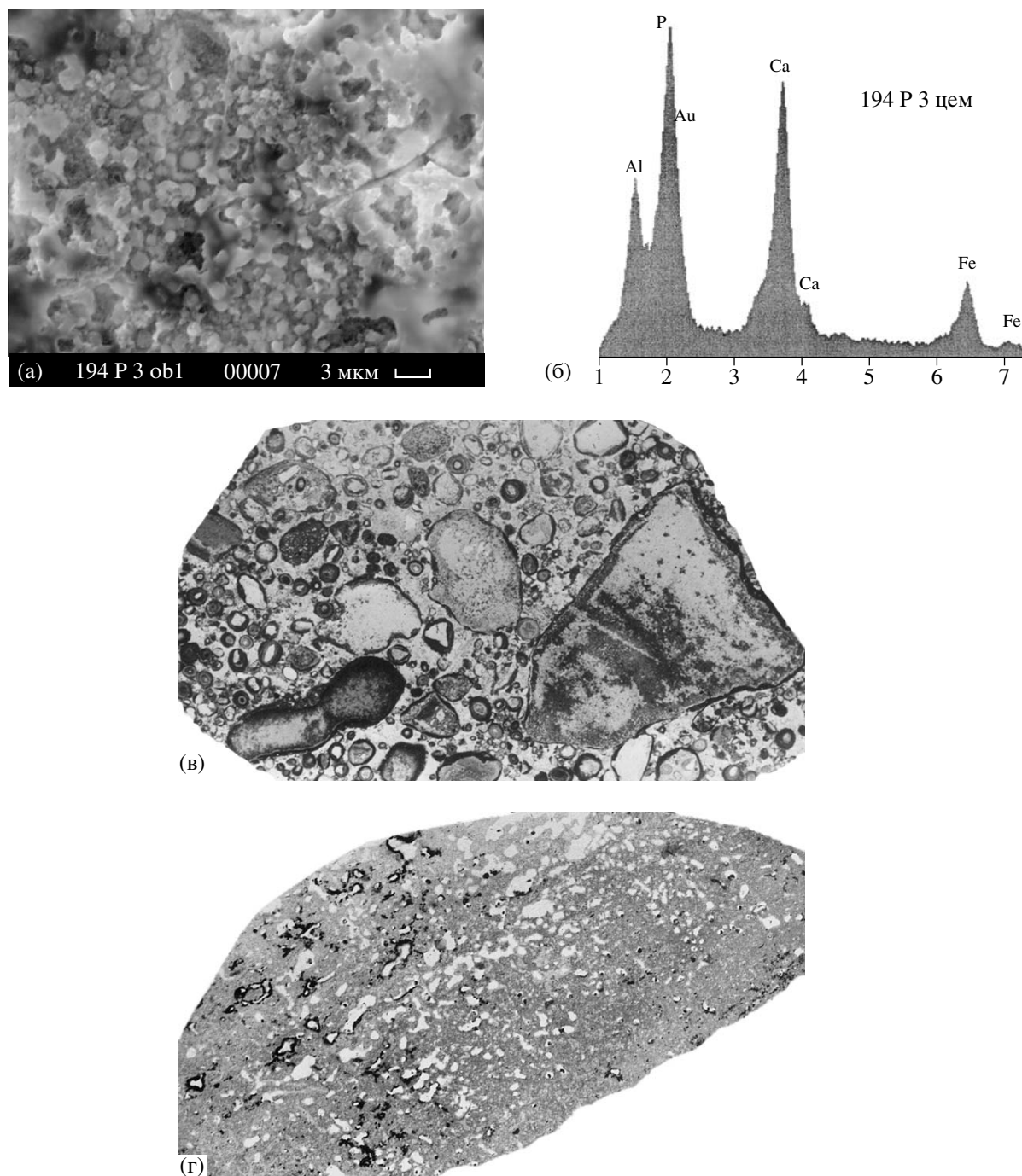


Рис. 5. Структура обломочных фосфоритов.

(а) – матрикс крадаллитизированного фосфорита; (б) – ЭДС матрикса (рис. 5а) с высоким содержанием алюминия и частично железа; (в) – фотография прозрачного шлифа обр. 4749 оолитово-зернистого фосфорита в проходящем свете. Увел. $\times 5$. (г) – фотография прозрачного шлифа обр. 194 пелитоморфного (афанитового) фосфорита в проходящем свете. Увел. $\times 5$.

щее проникновение растворов, несущих оксиды металлов. Рис. 5в представляет фотографию образца аналогичного фосфорита (образец 4749), химический анализ которого (по работе [8]) приведен в таблице.

3. Инситные (афанитовые) фосфориты обычны массивны или неясно структурированы (рис. 5г), но местами менее плотны и испещрены мелкими ложбинками, в которых отлагаются оксиды металлов (рис. 6а). При больших увеличениях в

Химический состав фосфоритов (%)

Компоненты	Номера образцов		
	194	4749*	196
SiO ₂	2.30	0.76	0.31
TiO ₂	0.25	0.30	1.11
Al ₂ O ₃	6.75	5.00	21.60
Fe ₂ O ₃	1.63	1.99	0.60
MnO	0.10	Не обн.	14.13
CaO	44.42	45.36	9.53
K ₂ O	0.08	0.05	0.16
Na ₂ O	0.20	0.50	0.20
P ₂ O ₅	33.78	37.20	22.26
CO ₂	0.00	2.32	0.65
MgO	0.46	Не обн.	100.18
F	0.55	0.80	0.70
SO ₃	0.84	0.07	0.21
Сумма 1	99.58	100.19	100.18
F = 0	0.23	0.34	0.21
Сумма 2	99.35	99.85	99.83

* Анализ Занина [8].

плотной массе руды просматриваются структуры тканей, вероятно, зеленых водорослей (рис. 6б, 6в). В других частях образца наблюдаются более плотные структуры нечетко блокового строения с характерными округлыми отверстиями в наиболее возвышенной части блока (рис. 6г–6д); возможно, что они также являются фосфатизированными водорослями.

На рис. 7а представлен оолит с ЖМ минерализацией в ядре и по периферии. Как показывает ЭДС, в фосфатном оолите наряду с оксидами марганца и железа присутствуют силикатные компоненты (рис. 7б). На рис. 7в–7е приведены примеры замещения фосфата оксидами в различных соотношениях. При этом в большинстве случаев оксиды частично наследуют структуру оолитов, хотя могут ее и рассекают.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Полученные результаты свидетельствуют, в первую очередь, о широком распространении на о. Рождества типичных оолитовых фосфатных руд. Следует отметить, что в мире очень мало месторождений зернистых фосфоритов, в которых не было бы оолитовых (онколитовых) разновидностей. Все имеющиеся прямые наблюдения в современных обстановках осадконакопления и результаты исследований разновозрастных отложений свидетельствуют, что оолитовые карбонаты формируются в прибрежно-морских обстановках, в

комплексах песчаных гряд и дюн областей сильных приливных течений, а также в отложениях пляжей литорали или мелководной сублиторали [15]. Естественно, как и все остальные типы структурных разновидностей фосфоритов, оолитовые фосфориты есть результат быстрой раннедиагенетической фосфатизации карбонатных оолитов [21]. Поэтому возникает вопрос: если фосфориты о. Рождества возникли за счет растворения и преобразования гуано, то как эти растворы могли сформировать оолиты и оолитовую породу, тем более в узких расселинах карровых полей? Но если имела место фосфатизация оолитовой карбонатной породы растворами, сочившимися из гуано, то почему они не разрушили оолитовую структуру? А если фосфатные стоки от гуано перешли в иловую воду осадков местного бассейна, что затем способствовало раннедиагенетической фосфатизации, то прямая связь фосфатизации с гуано нарушается, ставя под сомнение соответствующую гипотезу генезиса островных фосфоритов.

По своему геологическому строению о. Рождества сходен с погруженными гайотами Мирового океана, на которых, как установлено драгированием и бурением, широко распространены оолитовые разности фосфоритов (личное сообщение М.Е. Мельникова). Показательно, что возраст этих фосфоритов находится в пределах от альба до миоцена, когда крупных популяций птиц не существовало.

Следующий важный момент – это распространение в оолитовых рудах брекчиевых обломков фосфоритов самого разного размера. Присутствие брекчиевых разностей достаточно обычно в карбонатных фациях прибрежно-морских мелководных обстановок, например, в случае развития хардграундов, которые, как известно, часто несут фосфатную минерализацию [15]. Взламывание хардграундов сопровождается поступлением в осадки обломков брекчий. Но породы хардграундов испещрены обычно ходами илоедов, чего в рассматриваемом случае нет. Поэтому можно полагать, что фосфоритные обломки являются фрагментами обычных фосфатных отложений, которые отлагались в более глубоководных условиях, чем оолитовые, и ранее их. После размытия литифицированные и фосфатизированные обломки попадали в оолитовые илы. Таким образом, имели место по крайней мере два этапа фосфатизации, разделенные временным интервалом. Учитывая, что карровые депрессии заполнены фосфоритами различных типов, этапы фосфатизации перемежались с перемывами и образованием серии обломочных пород. Такая многократная фосфатизация и последовательные перемывы характерны для классических зернистых и микрзернистых фосфоритов, что, в конечном счете, и приводит к формированию высококачественных месторождений, поскольку при перемывах происходит природ-

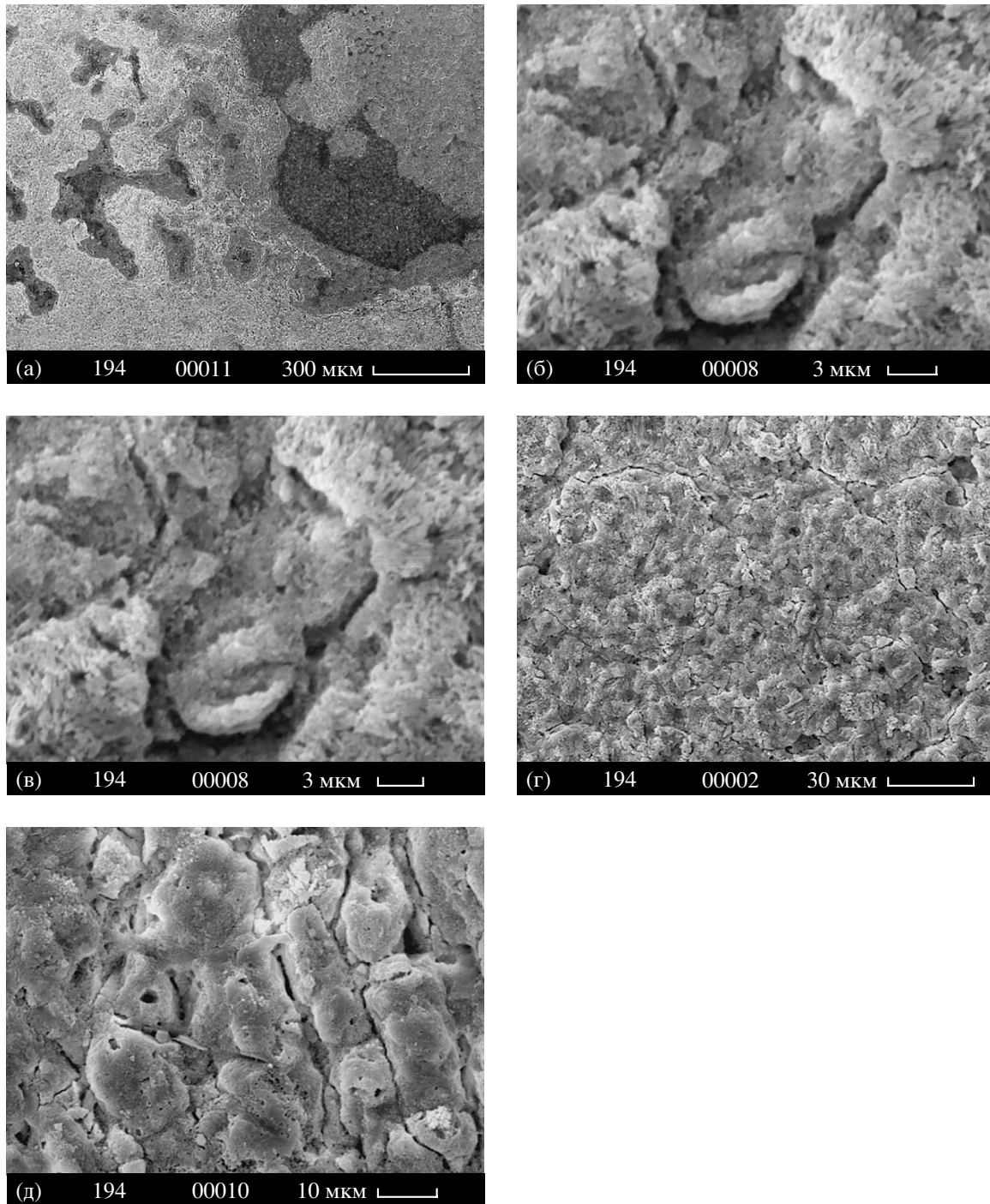


Рис. 6. Детали строения обломочных фосфоритов.

(а) – общий вид основной массы обр. 194 (СЭМ); в пористых участках отлагаются черные оксиды железа и марганца; (б, в) – водорослевидный тип структуры фосфорита; (г–д) – развитие в массе фосфорита мелкоблоковых структур с точечными углублениями, видимо, водорослевых образований.

ное обогащение руд. В свою очередь, это сопряжено с колебаниями уровня моря и другими сопутствующими явлениями. Единственное нетипичное для классических зернистых и микрозернистых фос-

форитов явление – это характер заполняющего матрикса в виде агрегата микроскопических глобул, напоминающих микробиальные формы. Но во многих фосфоритах мира также присутствуют

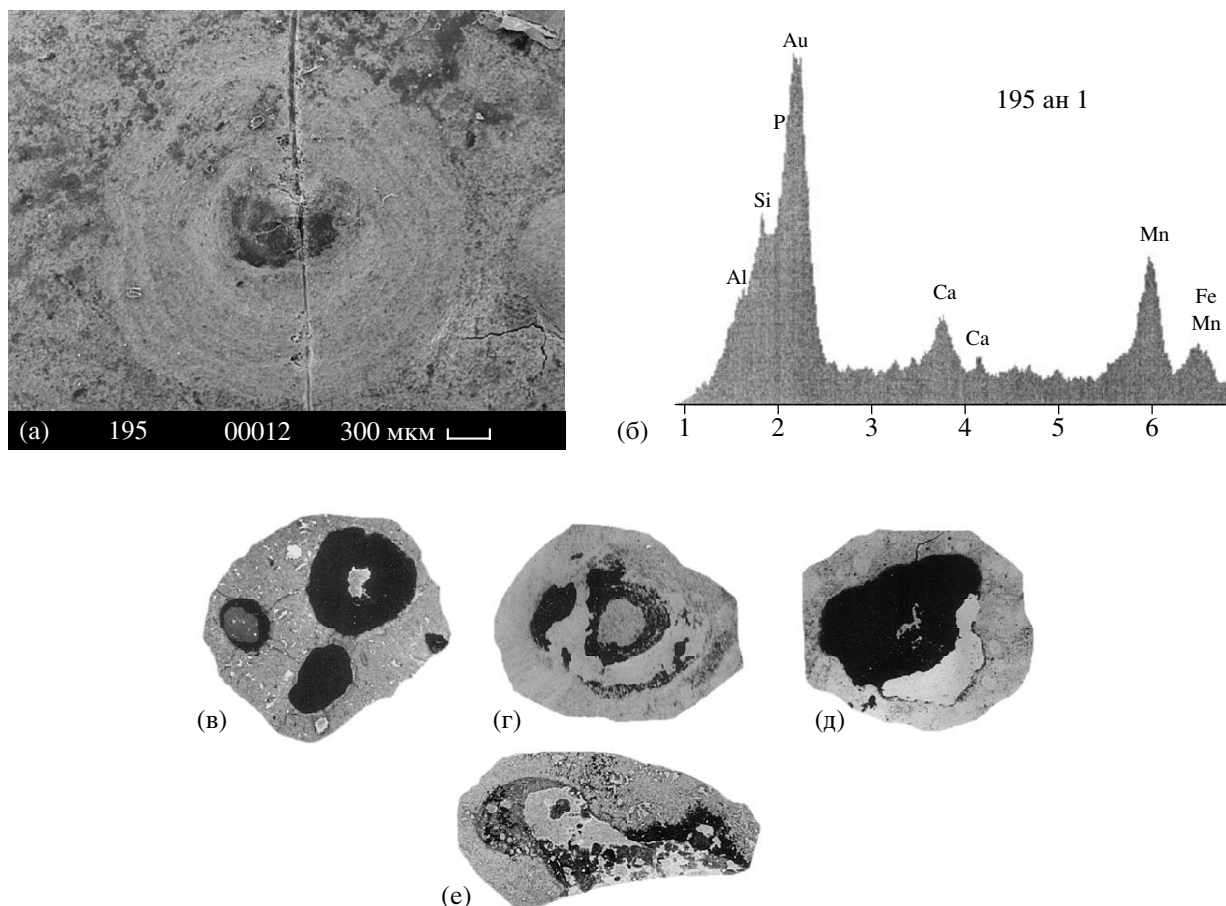


Рис. 7. Строение оолитов.

(а) – оолит с проникающими железомарганцевыми оксидами (обр. 195);

(б) – ЭДС оолита рис. 7а; (в–е) – оолиты, в разной степени замещенные ЖМ оксидами (обр. 195 и 196).

биоморфные микрочастицы, нередко интерпретируемые как остатки бактерий, что заслуживает дальнейшего специального изучения.

Накопление фосфоритов в карровых полях в наиболее возвышенных участках острова также является особым случаем. Вообще развитие карста – вполне обычное явление в карбонатных отложениях [15], если они подняты выше уровня океана, а заполнение его возможно при последующем погружении, поскольку карровые трещины становятся путями стока вод и транспортировки материала. Но ранее было отмечено, что аналогичные “карровые поля” образуются в настоящее время на рифовых атоллах Фиджи в процессе формирования системы батресс на глубинах в 5–8 м, несколько ниже риф-флета, в результате подводного растворения карбонатов [13, 24]. При этом в пределах карровых полей, с одной стороны, сами фосфориты не несут признаков, характерных для карстовых метасоматических фосфоритов, а с другой стороны, стенки карров сложены исключительно плотным карбонатом, что не характерно

для карстообразования в известняках. Несмотря на мощнейшее латеритное выветривание на острове, признаков современного карста в карбонатах также не отмечено.

Важным элементом для анализа ситуации формирования фосфоритов острова является присутствие железомарганцевой минерализации в фосфоритах, причем форма ее проявления различна: от неправильных участков замещения фосфорита до участия в сложении концентрической зональности фосфатных оолитов. При этом границы минеральных фаз в большинстве случаев не секущие, а вполне согласные и соответствующие оолитовой зональности, что свидетельствует об отсутствии длительного временного разрыва между фосфатизацией и ожелезнением. Можно предположить, что эта минерализация обусловлена воздействием обогащенных металлами низкотемпературных флюидов, поступивших в результате гальмиролиза залегающих поблизости вулканитов, и никак не связана с растворами, происшедшими от гуано.

Можно предположить, что подобный процесс имел место в то время, когда остров погружался и фосфориты находились в подводных условиях, подобно тому как четвертичные фосфориты на мелководном гайоте Камму подводных гор Милуоки в северной части Тихого океана подверглись железомарганцевой минерализации на глубине 370 м [3, 5, 7, 19]. Что касается фосфоритов в карровых участках острова, то они могут быть сопоставлены только с остаточными скоплениями фосфоритов, являющимися продуктами начального выветривания слоев обычных морских фосфоритов, но никак не с продуктами метасоматического замещения известняков [1].

При анализе фосфатности островов в океане нельзя не учитывать существующие представления французских специалистов, выдвинувших оригинальную идею о поставках в лагуны атоллов биогенных элементов, что в ситуации атоллов Французской Полинезии, как предполагают, происходит по системе эндоапвеллинга: глубинные воды, обогащенные биогенами, проникают в тело атолла и поступают по системе трещин в лагуну, где способствуют мощному развитию цианобактериальных матов и соответственно их фосфатизации [25, 26]. Прямыми наблюдениями эта гипотеза не подтверждена, но имеются косвенные данные, касающиеся сходства изотопного состава глубинных вод океана и вод в лагунах Полинезии. Эта гипотеза предпочтительнее, чем представления о влиянии гуано на фосфатогенез, но поскольку на островах Мирового океана есть разные по деталям условия образования скопления фосфатов кальция, она не может быть использована во всех случаях. Так, на изученных островах Сейшельского архипелага [20] фосфатообразование начинается в передовой части растущего рифа, а не в лагуне. Затем получающиеся продукты лишь дообогащаются в процессе переомывов за риф-флетом. Соответственно влияние эндоапвеллинга в этом случае не является необходимым. Поэтому можно полагать, что на океанских островах существуют разные условия формирования фосфоритов и в каждом конкретном случае необходимо их детальное комплексное изучение.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Характер строения изученных фосфатных пород показывает их большое сходство с классическими зернистыми фосфоритами. Анализ их строения и геологическая приуроченность указывают на вероятность неоднократного изменения уровня океана относительно вершинной поверхности, что сопровождалось повторением этапов фосфатизации. При этом процесс фосфатизации был аналогичен тому, который характерен для фосфоритов морского происхождения на современных континентах. Никаких прямых или кос-

венных данных о связи фосфатообразования с отложениями птичьего гуано нет: как и на других поднятых островах, в карровых полях о. Рождества не найдены какие-либо остатки птиц и реликты накоплений гуано. На острове распространены обычные морские фосфориты, связанные с мелководными фациями интенсивного карбонатакопления. Их можно рассматривать также как один из типов фосфоритов выветривания. Условия, в которых находится остров, обуславливают максимальные масштабы развития процессов выветривания латеритного типа, включая формирование гаммы описанных выше железо- и алюмофосфатов, которые более устойчивы в этой физико-химической обстановке [14].

Авторы благодарят Ю.А. Богданова и Ю.Н. Занина за образцы фосфоритов, Л.Т. Протасевича и А.В. Кравцова за техническое обеспечение электронно-микроскопических исследований, А.В. Мазина за выполнение фотографий прозрачных шлифов, Н.Н. Завадскую, Т.Г. Кузьмину и Н.П. Толмачеву за выполнение анализов атомно-абсорбционным, рентгено-флуоресцентным и химическим методами.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президиума РАН "Происхождение и эволюция биосферы" (Подпрограмма II), РФФИ (проект № 05-04-48008 и № 07-05-329а) и Ведущей научной школы № НШ-974.2003.5.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Альтшулер З.С.* Выветривание месторождений фосфатов – аспекты геохимии и среды // Фосфор в окружающей среде. М.: Мир, 1977. С. 47–116.
2. *Батурин Г.Н.* Крандаллит с о. Сала-и-Гомес // Океанология. 1999. Т. 49. № 6. С. 930–937.
3. *Батурин Г.Н.* Фосфатонакопление в океане. М.: Наука, 2004. 464 с.
4. *Батурин Г.Н., Горшков А.И., Жегалло Е.А. и др.* Фосфатизированные известняки с Сейшельских островов // Океанология. 2002. Т. 42. № 3. С. 450–456.
5. *Батурин Г.Н., Дубинчук В.Т.* Микроструктуры океанских фосфоритов. М.: Наука, 1979. 200 с.
6. *Безруков Л.П., Батурин Г.Н., Блисковский В.З.* Вещественный состав океанских фосфоритов // Вещественный состав фосфоритов. Новосибирск: Наука, 1979. С. 65–79.
7. *Блисковский В.З., Батурин Г.Н., Демина Л.С.* Железистый крандаллит с о-ва Рождества // Тр. ГИГХС. 1975. Вып. 30. С. 100–104.
8. *Горшков А.И., Батурин Г.Н., Богданова О.Ю., Магазина Л.О.* Сульфиды в фосфоритах с о-ва Африкен: Особенности морфологии и генезис // Литология и полез. ископаемые. 2000. № 2. С. 214–220.
9. *Занин Ю.Н.* Геология фосфатноносных кор выветривания и связанных с ними месторождений фосфатов. М.: Наука, 1969. 168 с.
10. *Занин Ю.Н.* Вещественный состав фосфатноносных кор выветривания и связанных с ними месторождений фосфатов. Новосибирск: Наука, 1975. 210 с.

11. Маслов В.П. Минеральные остатки порообразующих организмов // Справочное руководство по петрографии осадочных пород. Т. 1. Л.: ГОНТИ, 1958. С. 415–462.
12. Миртов Ю.В., Занин Ю.Н., Красильникова Н.А. и др. Ультрамикроструктуры фосфоритов. М.: Наука, 1987. 224 с.
13. Преображенский Б.В. Современные рифы. М.: Наука, 1986. 250 с.
14. Савенко А.С., Батурич Г.Н., Голубев С.В. Растворимость крадаллита в водных растворах // Геохимия. 2005. № 11. С. 1235–1237.
15. Уилсон Дж.Л. Карбонатные фации в геологической истории. М.: Недра, 1980. 463 с.
16. Школьник Э.Л., Батурич Г.Н. О происхождении фосфоритов о. Науру // Тихоокеан. геология. 1990. № 5. С. 42–47.
17. Школьник Э.Л., Батурич Г.Н., Жегалло Е.А. О структуре фосфоритов о. Науру // Тихоокеан. геология. 1992. № 4. С. 136–140.
18. Школьник Э.Л., Батурич Г.Н. Фосфоритоносность островов-атоллов Западной Пацифики // Гайоты Западной Пацифики и их рудоносность. М.: Наука, 1995. С. 149–154.
19. Школьник Э.Л., Батурич Г.Н., Жегалло Е.А. и др. Четвертичные фосфатизированные известняки с начальным проявлением железомарганцевой минерализации с гайоты Камму (подводные горы Ми-луоки, север Тихого океана) // Океанология. 2006. Т. 46. № 1. С. 103–113.
20. Школьник Э.Л., Батурич Г.Н., Жегалло Е.А., Николаев С.Д. Фосфатогенез на некоторых низких атоллах Западной приэкваториальной части Индийского океана // Океанология. 2006. Т. 46. № 2. С. 263–277.
21. Школьник Э.Л., Таньфу Т., Еганов Э.А. и др. Природа фосфатных зерен и фосфоритов крупнейших бассейнов мира. Владивосток: Дальнаука, 1999. 207 с.
22. Andrews C.W. A monograph of Christmas Island // British Museum of Natural History. Geology. L. 1900. P. 269–298.
23. Hutchinson G.E. The biogeochemistry of vertebrate excretion // Bull. Amer. Mus. Natur. Hist. 1950. V. 96. 554 p.
24. Phipps C., Preobrazhensky B.V. Morphology, development and general cellular distribution of some reefs of the Lau Island, Figy // 2-nd Intern. Symp. of cellular and coral reefs. Paris, 1977. P. 440–445.
25. Rougerie F., Wauthy B. Le concept d'endo-upwelling dans le fonctionnement des atolls-oasis // Oceanol. acta. 1986. V. 9. P. 133–148.
26. Rougerie F., Wauthy B. Une nouvelle hypothese sur la genesè des phosphathes d'atolls: le role du processus d'endo-upwelling // C.r. Acad. Sci. Ser. II. 1989. № 12. P. 1043–1047.
27. Trueman N.A. The phosphates, volcanic and carbonate rocks of Christmas Island (Indian Ocean) // J. Geol. Soc. Austral. 1965. V. 12. Pt. 2. P. 261–284.

About the Nature of Phosphorites from the Christmas Island (Indian Ocean)

E. L. Shkolnik, G. N. Baturin, E. A. Zhegallo

The detailed investigation of microstructures of phosphorites from the Christmas Island under scanning electron microscope coupled with analysis of their chemical composition revealed that both their structure and composition are quite similar to those of granular and microgranular phosphorites on Recent continents as well as to phosphorites on some of Pacific guyots. Their composition together with their geologic position and associations with surrounding rocks prove that oritogenic hypothesis based on presumed guano accumulation followed by its transformation into phosphatic rock is not compatible with natural observations. Meanwhile, the problem of the source of Fe and Mn impregnation in phosphorite remains unresolved and needs more further investigation.