

Э.А. Еганов



PROJECT 156
PHOSPHORITES

ФОСФОРИТО- ОБРАЗОВАНИЕ И СТРОМАТОЛИТЫ



НОВОСИБИРСК 1988

ACADEMY OF SCIENCES OF THE USSR
SIBERIAN DIVISION
INSTITUTE OF GEOLOGY AND GEOPHYSICS

E.A. Eganov

PHOSPHATE DEPOSITION AND STROMATOLITES

Responsible editor E.M. Khabarov

NOVOSIBIRSK 1988



**PROJECT 156
PHOSPHORITES**

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКИ

Э.А. Еганов

ФОСФОРИТООБРАЗОВАНИЕ И СТРОМАТОЛИТЫ

Ответственный редактор Е.М. Хабаров

НОВОСИБИРСК 1988

УДК 553.643+552.55+552.544

Еганов Э.А. Фосфоритообразование и строматолиты / АН СССР, Сиб. отд-ние, Ин-т геологии и геофизики. Отв. ред. Е.М.Хабаров.- Новосибирск, 1988. 89 - с.

Впервые для нижнекембрийского фосфоритоносного бассейна Каратау (Казахстан) описаны разнообразные фосфатные и кремнистые фитоциты, среди которых наиболее распространены стратиформные формы, а также сферические - онкоциты. Их изучение привело к распознаванию аналогичных форм в древних (кембрийских) фосфоритах Алтае-Саянского и Хубсугульского фосфоритоносных бассейнов. Обсуждается роль фитоцитобразующих факторов в генезисе фосфоритов.

Для геологов и литологов, в частности, работающих в области кремне- и фосфоритообразования, строматолитообразования, осадочного рудогенеза, а также литогенеза в целом.

Р е ц е н з е н т ы

М.С.Якшин (Ин-т геологии и геофизики СО АН СССР),
Э.Л.Школьник (Дальневосточный геологический ин-т
ДВО АН СССР)

І. ПОСТАНОВКА ВОПРОСА

Представления о механизме и обстановке образования фосфатных пород, в которых фосфат слагает тонко- или скрытокристаллические (афанитовые) массы в виде комков, зерен (пеллет) или целых слоев, являются до настоящего времени дискуссионными. Структура подобных фосфоритов с момента появления работ А.В.Казакова /19/ чаще всего приводила к точке зрения об их ортохимическом - чисто хемогенном происхождении. Зерна афанитового фосфата со следами окатывания и переноса считаются обычно фрагментами, отторгнутыми от однородных хемогенных слоев, и называются аллохемами или рассматриваются как продукт стяжения рассеянного фосфата - микроконкреции, хемогенные стустки /33, с.87/. В ряде случаев зерна обрастают оболочками из тонкокристаллического фосфата, превращаясь в оолиты и пизолиты, которые тоже считаются продуктами химического выпадения фосфора из морских наддонных и иловых вод.

Помимо представлений о чисто хемогенном образовании афанитовых фосфатных масс различного размера и форм - зерен, слойков, и целых пластов - существуют идеи о диагенетическом переходе фосфата в илах из органических остатков в конкреции /2, с.206; 5, с.175/, о диагенетическом замещении карбонатных слойков и зерен /8, 51/ или карбонатного осадка фосфатом придонных вод /43, 49/. Замещающими компонентами илов могут быть так или иначе обогащенные органикой участки: фрагменты скелетов и тел животных и растительных организмов, фекалии и прочие органические выделения, колонии и другие разнообразные скопления микроорганизмов и т.п.

Современные литологические исследования дна морей и океанов позволили Г.В.Батурину сделать вывод, что "ни в водах, ни во взвесах зон современного фосфоритообразования, как и в океане в целом, хемогенный фосфат кальция не обнаружен" /2, с.177/. Имеются в виду только наддонные воды. Г.В.Батурин заключает, что

фосфат выпадает не из наддонных, а из пересыщенных им поровых вод, осаждаясь на материале материнских вмещающих илов самого разнообразного вида, проявляя при этом существенную "неразборчивость" по отношению к составу субстрата своего осаждения /там же, с.178/. В целом, сопоставление информации о субсовременном фосфатообразовании приводит к заключению, что основным реальным механизмом минерализации фосфатов морских вод является "биогео-но-диагенетический", когда биос доставляет фосфат в ил и, разлагаясь там, насыщает фосфором иловые воды, после чего фосфат выпадает в порах осадка и диагенетически перераспределяется, а затем, механически отмываясь, концентрируется /2, с.206-210/.

Сказанное как будто бы соответствует созданным схемам строения древних месторождений пластовых афанитовых, микрозернистых и зернистых фосфоритов и принимается с высокой степенью правдоподобности.

Вместе с тем, исследователей всегда смущала неустойчивость корреляции между количеством органики и фосфатов в породах. Казалось бы, что если именно органика транспортирует фосфат в осадок и там отдает его поровым водам, то следует ждать некоторой математически постоянной (хотя бы локально) пропорциональности между количествами диагенетически выпавшего фосфата и остаточного углерода в неизмененных породах. Однако, хотя фосфатные породы всегда первично обогащены $C_{орг}$, такой пропорциональности не наблюдается, даже если принимать во внимание разнообразные возможные случайности или дифференциальную способность фосфатов к накоплению в различных видах органики. Ареал углеродности по всем видам органики значительно шире, он вмещает ареал фосфатонакопления. Толщи с высоким, но равномерно распределенным содержанием органического материала, например черносланцевые формации, как правило, содержат лишь рассеянные фосфатные образования - линзочки, конкреции, участки повышенной фосфатности пород, но не вмещают существенных залежей первичных фосфоритов. Последние ассоциируют с такими насыщенными органикой толщами лишь будучи пространственно разделенными: подстилая или покрывая, а чаще замещая их по простиранию в сторону береговой линии палеобассейнов. Видимо, одно лишь обогащение осадков органикой не является достаточным фактором для возникновения фосфатных залежей.

Где же может осуществляться основная минерализация фосфата и как?

Примеры непосредственной связи морских организмов и фосфатонакопления в существенном масштабе немногочисленны. Это прежде всего скопления раковин, построенных из фосфата кальция, биохимически извлекаемого некоторыми организмами из морской воды. Другой пример – месторождения фосфатных строматолитов. Связь органического вещества из отмерших микроорганизмов с фосфатонакопительными процессами в строматолитах не столь пряма, как в случае с образованием фосфатных раковин. Тем не менее, очевидно, что известковые строматолитовые постройки формируются при непосредственном, хотя и пассивном участии скоплений микроорганизмов, создающих локальные условия для осаждения растворенных в воде карбонатов, которые затем ими (скоплениями) и улавливаются вместе с механическими примесями, формируя минеральную основу строматолитовых построек. Аналогичный процесс возможен и для фосфатов.

О роли этого способа минерализации фосфатов и пойдет речь.

2. ИЗВЕСТНЫЕ ФОСФАТНЫЕ СТРОМАТОЛИТЫ И ИХ ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ПОЗИЦИЯ

Долгое время строматолитовые фосфориты считались уникальными и редкими образованиями. Впервые они были описаны в составе пластовых "водорослевых" фосфоритов месторождения Белка в Горной Шории (Сибирь), открытых в 1958 г. и залегающих в предкембрийской карбонатной свите. В этих фосфоритах были установлены включения нитей и клеток водорослей. Уже первые описания /32, с. 51/ обращали внимание на прихотливый текстурный узор фосфатного вещества, на дендритовые формы его с цепочечным строением – клетки. Более детально изучившие структуру и формы залегания горношорских строматолитовых фосфоритов Р.К.Пауль и Н.А.Красильникова /24, 53/ выделили "столбчатые", "желваковые", "микро-" и "макропластовые" их разновидности. По отношению фосфатных и нефосфатных частей строматолитов эти исследователи установили, что фосфатное вещество замещало карбонатные строматолитовые постройки,

по-видимому, в стадию диагенеза. В горношорских фосфоритах фосфатное вещество, часто непрозрачное от примеси органики, слагает округлые зерна, онколиты – целиком или отдельные их оболочки, причудливой формы оторочки вокруг карбонатных обломков. П л а с т о в ы е фосфатные строматолиты представляют собой согласные с напластованием вмещающих карбонатных пород слойки черного афанитового фосфата протяженностью в первые метры, толщиной от 0,5 до 5 см. М и к р о п л а с т о в ы е – это линзовидно-неправильно-волнистые субпараллельные слойки-ленты фосфата 0,2–1 мм толщиной. Наблюдается также множество переходных форм фосфатных выделений строматолитовой текстуры /24/.

Вторым районом, где были установлены строматолитовые фосфориты, стала Индия, штат Раджастан. Их открыли через 9 лет после горношорских – в 1967 г. /56/ в раннепротерозойской Араваллийской супергруппе (впрочем, возраст ее дискуссионен и датируется от раннего протерозоя по рифей). Но и с открытием индийских строматолитовых фосфоритов они считались все еще настолько уникальным объектом, что известный американский исследователь фосфоритоносных формаций Р.Шелдон оценил открытие араваллийских строматолитовых фосфоритов как "совершенную неожиданность" /64/.

В Араваллийской супергруппе доминируют столбчатые фосфатные строматолиты, залегающие в карбонатной части ее разреза, но имеются также афанитовые тонкослоистые и массивно-слоистые фосфориты /1, с.247/. Установлено, что фосфатные строматолитовые столбики, разделенные нефосфатным карбонатным матриксом, слагаются, как и горношорские строматолитовые фосфориты, чередованием карбонат-фосфатных и кремнистых слойков. Это, по мнению авторов, возможно, отражает суточные колебания фиксации карбонатного минерального вещества в постройках. Как и в Горной Шории, горизонт с фосфатными строматолитами подстилается горизонтом с карбонатными строматолитами. Как и в Горной Шории, здесь тоже присутствуют морфологически выраженные фосфатные строматолитовые постройки, а также их интракласты и "пластовые" фосфориты, налегающие на столбчато-строматолитовые. Эти "пластовые" фосфориты состоят из тонконаслоенных (ламинитовых) афанитовых фосфатов, местами из крошева мелких угловатых и полуугловатых фрагментов фосфатных строматолитовых слойков, заключенных в карбонатном матриксе, ориентированных и субпослойно, и случайно. Подобные

фосфориты могут рассматриваться как фосфатизированные ненарушенные или нарушенные водорослевые маты /62, с.II/.

Все исследователи араваллийских фосфоритов отмечали абсолютную избирательную приуроченность фосфата к строматолитовым постройкам. Между строматолитовыми столбиками в карбонатном матриксе фиксируется только переотложенный фосфатный материал, представленный фосфатными пеллетами и угловатыми обломками фосфатных слоевищ строматолитов /44/.

Третьим районом широкого развития строматолитовых фосфоритов являются Низкие Гималаи (Индия, штат Уттар-Прадеш). Здесь в формации Тал, сложенной карбонатами, кремнями и черными известковыми глинистыми сланцами, выявлены пластовые фосфориты /58/. Возраст формации длительное время определялся (косвенным образом – по соотношению с меловыми слоями) как позднепалеозойский. Появившиеся позднее палеонтологические данные позволили определить его как поздний докембрий.

Пластовые фосфориты формации Тал – афанитовые, тонкокристаллические. По А.Д.Ахлувалия (дис. на соиск. ученой степени д-ра философии, Чандигархский ун-т, 1980), здесь выделяются следующие типы фосфоритов: тонкослоистые кремневидные, пеллетовые, линзовидные, нодулярные, пизолито-онколитовые и строматолитовые. В статье /42/ им приводится описание водорослевых текстур и столбчатых строматолитовых форм в фосфоритах, а также включений микрофоссилий, фосфатных обломков строматолитовых ламин (наслоев).

Межкупольное пространство талских строматолитовых фосфоритов заполнено тоже афанитовым фосфатом, в отличие от араваллийских фосфатных строматолитов, где фосфатные столбики погружены в чистый карбонат. Карбонатные прослои с фосфатными кластами и пеллетами в формации Тал разделяют не столбики, а пластовые фитоолиты /70, фиг.I/, чередуясь с ними.

В тех же Кумаонских Гималаях, на другом участке (район г.Питорагарх, штат Уттар-Прадеш), описаны частично фосфатизированные карбонатные биогермы в доломитистых известняках верхов формации Ганголиат позднего докембрия. Распределение фосфата в строматолитовых постройках и присутствие фосфатизированных дериватов последних интерпретируется как то, что фосфатизация здесь происходила субсинхронно формированию построек /69/.

Впоследствии стали поступать сообщения об обнаружении строматолитовых фосфоритов и в других регионах: в подфосфоритовом доломите Торнтония среднекембрийского бассейна Джорджина, Австралия /66/; в докембрии Непала /45/; в синийских и нижнекембрийских фосфатоносных формациях КНР /27, 54, 55, 71-75 и др./; в позднедокембрийско-нижнекембрийском Харанурском месторождении в Восточном Саяне (СССР). Изучение фосфатных ооидов, т.е. округлых зерен с оболочкой и онкоидов (зерен с неровной округлостью) показало, что они могут формироваться в микробимальных матах и грибницах, что касается и межзернового фосфатного матрикса /50, 65/. Наконец, экспериментами Ж.Лука и Л.Прево было показано, что осаждение апатита из морской воды стимулируется именно присутствием бактерий /26/, причем возникающие в полостях карбонатных раковинок пальцеобразные наросты фосфата развиваются по колониям водорослей.

На основе сказанного резюмируем, что к настоящему времени накоплены данные, позволяющие считать скопления бактериально-водорослевого материала в ряде случаев необходимой основой для последующего процесса минерализации фосфата.

Возникает вопрос, каковы масштабы распространения фосфоритов, связанных со строматолитовыми постройками? Брешь в концепции об уникальности фосфатных строматолитов была пробита описаниями строматолитовой природы определенной части пластовых фосфоритов крупных китайских месторождений /55, 71-75/, выводами о фитогенной основе оболочек зерен некоторых зернистых фосфоритов Африкано-Аравийской фосфоритоносной провинции /50, 65/. Но оставались еще огромные поля распространения микрозернистых фосфоритов бассейнов Фосфория (пермь, США), Каратау (нижний кембрий, Казахстан), Джорджина, афанитовых пластовых фосфоритов нижнего кембрия Окино-Хубсутульского бассейна (МНР, СССР), Алтае-Саянского бассейна в Сибири и других.

Как представляется, существенный прогресс при изучении фосфоритообразования могло бы стимулировать установление фитолитовой природы также и фосфоритов бассейна Каратау, где до сих пор строматолитовые фосфориты вообще не описывались, а Каратауский микрозернистый тип руд ничего общего со строматолитовыми фосфоритами как будто бы не имел. Именно этот факт нам удалось установить в 1983-1984 гг.

3. ФОСФАТНЫЕ И КРЕМНИСТЫЕ СТРОМАТОЛИТОВЫЕ ПОСТРОЙКИ ФОСФОРИТОНОСНОГО БАССЕЙНА КАРАТАУ

Микрозернистый тип руд является основным для бассейна Каратау, как и в ряде других древних фосфоритоносных бассейнов (например, Фосфория, Джорджина, Янцзы и др.). Основными структурными элементами фосфорита, называемого микрозернистым, являются зерна псаммитовой размерности округлой или округло-угловатой (реже угловатой) формы. Часть этих зерен – покрытые: имеют одну или несколько оторочек из тонкокристаллического фосфата и тогда они называются оолитами или ооидами. Другая часть фосфатных частиц оболочек не имеет – это просто округлые непокрытые зерна или пеллеты. Такие структурные элементы находятся в различных соотношениях, агрегируясь и дополняясь фосфатными фрагментами биоса, обломками фосфоритов предыдущих генераций и нефосфатных пород. Все это погружено в связующую массу карбонатного, глинистого, кремнистого и фосфатного составов, которые могут комбинироваться. Наряду с микрозернистыми фосфоритами в Каратау описаны также "неяснозернистые" – сплошная криптокристаллическая фосфатная масса иногда сгустковой микроструктуры.

Выделяется 8 видов фосфоритов /34, с.135–153/: 1) неяснозернистые, 2) зернистые, 3) оолитово-зернистые, 4) зернисто-псаммитовые (с примесью песчинок нефосфатного состава), 5) органично-псаммитовые, 6) неравномерно-псаммитовые, 7) пизолитовые, 8) фосфоритовые гравелиты и конгломераты. И во всех этих видах фосфоритов различаются три комбинирующихся элементарных вида фосфатного материала: 1) афанитовый (криптокристаллический) фосфат, слагающий слойки, зерна, ядра оолитов, а также цемент; 2) тонкокристаллический фосфат, слагающий оболочки оолитов и пизолитов, корки-слойки; 3) фосфатный (фосфатизированный) биодетрит.

Происхождение фосфатных оолитов и пеллет (не только в Каратау) определялось по-разному. Их считали продуктом "собирательной кристаллизации фосфатного вещества в осадке" /34, с.36/; микроконкрециями /31, с.63/, т.е. стяжениями химически осажденного рассеянного в осадке фосфата; фосфатизированными копролитами /5, с.171/; фосфатизированными первично карбонатными пеллетами /51, с.54; 7, с.151/; продуктами постседиментационного мета-

соматического разъединения сплошной массы афанитовых фосфоритов на гранулы /10, с.78; 15, с.119/; первично мягкими выделениями организмов – фекалиями /29, с.60/.

Слои же афанитового фосфата – микросфорита, многими /см.5, гл.Ш/ определялись как результат химического осаждения фосфата в спокойной воде (см. также работы, имеющие непосредственное отношение к данной: /29, с.135; 14, с.101; 15, с.119/). А.В.Ильин обращает внимание на то, что среди зернистых и микрозернистых фосфоритов широко развиты также бесструктурные – афанитовые, т.е. микросфориты. Принимая во внимание влияние дифференциации бесструктурного фосфата на округлые зерноподобные сгустки и возможности механической дезинтеграции таких слойков на песчинки-зерна, он приходит к выводу о том, что "... фосфатные зерна, лишенные внутренней структуры, вероятно, могут возникать из бесструктурных прослоев фосфата ... В целом, – заключает А.В.Ильин, – природа фосфатных зерен остается еще одной из трудных загадок фосфатной геологии" /15, с.119/.

Существует и другая точка зрения на генезис афанитовых фосфатных слойков и пеллет: начиная с работ Г.И.Бушинского /5/ возникла концепция, согласно которой фосфат не может осаждаться из морских вод чисто химически (если и выпадает, то не может скапливаться), а минерализуется внутри осадков в процессе диагенеза с участием биохимических процессов. Применительно к фосфоритам Хубсугульского бассейна к такому выводу пришли Б.Г.Гуревич и А.Ф.Георгиевский /8/. Затем вышли публикации Э.Л.Школьника и др. /39-41/, где обращалось внимание на противоречия между данными о составе и строении фосфоритов Хубсугульского и Удско-Шантарского бассейнов, а также месторождений КНР и концепцией хемоседиментации; на данные в пользу происхождения этих фосфоритов за счет диагенеза существенно органогенных илов.

Таким образом, первооснова микрозернистых и сплошных афанитовых (микросфоритовых) фосфоритов по аналогии с генезисом современных фосфатных конкреций усматривается или в чисто химическом осаждении фосфата, или в процессе фосфатизации тех или иных компонентов морских осадков – копролитов, биодетрита, онкоидов, комочков насыщенного органикой ила. Выявление строматолитовых фосфоритов прибавило к перечню фосфатизируемых органогенных объектов бактериально-водорослевые постройки. Однако относительная

редкость таких находок формировала, как сказано, мнение об уникальности фосфатных строматолитов. На этом фоне обнаружение строматолитовых фосфоритов в слоях фосфоритоносной свиты Каратауского бассейна оказалось довольно неожиданным.

Напомним вкратце строение разреза каратауской фосфоритоносной формации, соответствующей чулактауской свите, нижний кембрий. Фосфоритоносные отложения Каратау несогласно залегают на подстилающем рифей-вендском комплексе, начинаясь вендской (?) базальной пестроцветной (первично черноцветной) карбонатно-терригенной кыршабактинской свитой (КШС) мощностью от 1-2 м до нескольких десятков метров. Залегающая согласно выше чулактауская свита повсеместно начинается пачкой "нижних" доломитов (НД) - до 10 м. На НД залегает "кремневый горизонт" (КГ) - пластовые кремни - до 20 м. Далее вверх следуют: нижняя фосфоритовая пачка (НФ) - до 10 м; фосфоритоносная глинисто-кремнисто-сланцевая пачка (СП) - до 35 м; верхняя фосфоритовая пачка (ВФ) - до 20 м; "железо-марганцевый" доломитовый горизонт (ЖМГ) - до 2 м; "бурый доломит" (БД) - окремненный песчанистый, местами фосфатный доломит - 1-8 м. Детально о разрезе Каратау см., например, в /7, 12, 31, 33-35/.

Фосфатные породы и собственно фосфориты встречаются по всему разрезу кыршабактинской и чулактауской свит, начиная с самых нижних слоев КШС. При этом было замечено, что в базальной карбонатно-терригенной КШС и в НД преобладают фосфориты афанитового типа, залегающие маломощными слоями, фрагменты которых образуют плоскообломочные брекчии между биогермами в карбонатных пластах (табл. I, фиг. I). Лишь на уровне верхов КГ появляются в заметном количестве микрозернистые фосфориты в виде самостоятельных слоев. Выше следуют в основном микрозернистые типы фосфоритов. А в ЖМГ и БД снова ведущая роль среди фосфоритов переходит к афанитовым прослоям.

Первые находки строматолитовых фосфоритов в бассейне Каратау были сделаны на площади месторождения Тьесай*, в самых верхах (последний метр) НД, где между отдельными слоями доломита

* Обзорная карта расположения месторождений бассейна Каратау с их названиями имеется во всех основных публикациях по геологии бассейна /см., например, 12, 33/.

располагаются типичные изолированные куполовидные строматолитовые постройки, сложенные темными афанитовыми фосфатными слойками. Размер куполов в сечениях до 10 x 10 см (рис.1). Купола переходят



Рис.1. Зарисовка. Срез купола кремнистофосфатного строматолита. Слойки — микрофосфорит с кремневыми спикулами (белое) и зернами фосфата (черное); пунктир — зернистый фосфорит. Верхняя часть НД, месторождений Тьесай.

дят в биостромы и окружены плоскими, слабоизогнутыми обломками наслоев и мелким их детритом (интракластами) в кремнистом или карбонатном матриксе (табл.1, фиг.4). На кровле НД здесь лежит тончайше-слоистый фосфатный биостром (плосконаслоенная строматолитовая постройка), прослеживающийся на этом уровне по всему бассейну — 0,1–0,3 м, над которым залегает КГ. В нижней его части, на Тьесае (1–1,5 м), КГ представлен линзослоями черных афанитовых кремней (в раздувах до 0,3 м), между которыми "струятся" плоские тонкие фосфатные микрослойки-ламинаы, а в самих кремнях рассеяны обломки таких же афанитовых фосфатных слоечков, насыщенные спикулами губок. Изобилует фосфатными тонкими биостромами и средняя часть КГ, которая здесь существенно карбонатная (1,8–2,0 м).

Затем строматолитовые фосфориты были обнаружены в той же фациальной зоне, что и Тьесай, но северо-западнее — на участке проявления Джетымтал. Здесь весь разрез фосфоритоносной чулак-

тауской свиты сокращен до 2–4 м, а КШС отсутствует. Наиболее ярко выраженный слой строматолитовых фосфоритов соответствует нижней части фосфоритовой пачки толщиной 20 см; вся пачка – от кровли НД до подошвы ЖМГ – имеет мощность 0,5 м. Нижняя половина строматолитовой части этого разреза представлена куполовидными ундулирующими постройками (рис.2). Верхняя часть (I2–I3 см) –

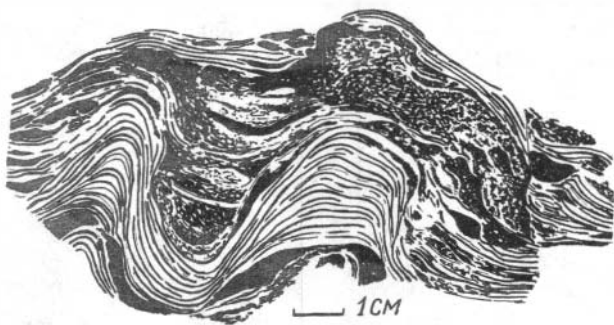


Рис.2. Зарисовка. Срез ундулирующего фосфатного биострома в подошве продуктивного горизонта с фосфатным межкупольным заполнением. Слойки – "волокнистый" микросфторит с кремневыми спикулами. Месторождение Джетымтал.

столбчатыми, которые перемежаются с горизонтально-слоистыми постройками (табл. I, фиг.5). Промежутки между столбиками засыпаны зернами фосфата, обломочками фосфоритов и карбонатных пород, биодетритом (спикулами). Эта масса механического заполнения пронизана "переходными мостиками" – горизонтальными или слегка вогнутыми вниз фосфатными микрослоистыми раскристаллизованными корками фосфата, такими же, какие слагают столбчатые постройки. Отдельные слои (ламинаы) построек обоих видов – столбчатых и междостолбчатых рассеянно карбонатизированы, иногда неясно – вторичный ли это карбонат или реликты карбоната, подвергшегося фосфатизации.

Изучение шлифов через эти различные строматолитовые постройки показало, что ламинаы куполовидных строматолитов (см. рис. I, табл. I, фиг.4) и располагающихся между ними плоских построек

(биостромов) из НД Тьеса являются или афанитовым (под микроскопом – криптокристаллическим), или различно кристаллическим фосфатом, насыщенным кремневыми спикулами губок; спикеры местами карбонатизированы. Обильно насыщенные спикулами ламини чередуются с такими, где спикер менее или почти совсем нет. Толщина отдельных наслоев куполов – до 2–3 мм. Чем они толще, тем менее раскристаллизован в них фосфат.

Местами в фосфате наслоев этих выпуклых построек видны микроскопические нити водорослей и характерные "сферы" – сферические сечения их колоний или крупных клеток (?), отдельных трубок, выполненные кварцем, фосфатом или карбонатом. Нередко эти округлые сечения группируются в "гроздь", которые, возможно, являются сечениями групп трубок /см. фиг.3 в табл.ХІV в книге 28/. Обычны также поры с очень характерной для водорослевых построек извилистой, "узурчатой" конфигурацией, заполненные непрозрачным органическим пигментом. В слоях построек видна микроскопическая система "подслоев", переклинивающихся друг с другом, образующих волокнисто-подобный, "сетчатый" узор (табл.2, фиг.І).

Несколько иначе выглядят фосфатные наслои столбчатых построек, как на фиг.5, табл.І. Фосфатная масса их также насыщена кремневыми спикулами. Но здесь фосфат всегда тонкокристаллический, с тангенциальной ориентацией кристалликов – точно такой же, как и в кристаллических оторочках оолитов и пизолитов (табл.2, фиг.2). Эти фосфатные корки-слоевы достигают толщины 1–3 мм и могут быть или сплошными, или распадаться на микроскопические корки-пленки, пронизывающие сложной, косо "перекрещивающейся" сетью фосфатно-спикуловый матрикс (табл.2, фиг.3). Слои столбиков кроме спикер содержат рассеянные зерна афанитового фосфата и обломки слоев строматолитов более ранних генераций.

Наиболее интересную картину дают слои, являющиеся "переходными мостиками" межстолбчатых пространств (см. табл.2, фиг.2). Здесь механически накапливающиеся частицы, представляющие собой pellets афанитового фосфата, реже – карбоната, часто уплощенные, образуют слои и линзочки, а также "гнезда" – кучки, которые "упакованы" пленками-корками тонкокристаллического фосфата с тангенциальной ориентацией кристаллов. Картина точно такая же, как и в пределах столбчатых построек, только здесь пленки-к чаще бывают более толстыми, чем на столбиках, и внутри, в свою

очередь, обнаруживают типичную столбчатую строматолитовую текстуру. Каждая пленка-корка представляет собой стратиформную совокупность микростроматолитовых столбчатых построек, перемежающихся как по простиранию, так и в разрезе (табл.2, фиг.4 и рис.3). Между отдельными микростолбиками, которые по ширине составляют доли мм, нередко - до 1-3 мм, находятся каналы, заполненные неполяризующей массой фосфата, или же столбики просто разделены швом, по которому контактируют разноориентированные фосфатные микрослойки, входящие в состав разных столбиков.

Примечательно то, что эти столбчатые микропостройки наращивают пизолитовые и оолитовые оторочки отдельных зерен осадка, совершенно не отличаясь по структуре и прочим признакам от этих концентрических оторочек (табл.3, фиг.1,2). По строению можно определить, что в ряде случаев столбики начинали расти на верхней стороне лежащего зерна, являвшегося некоторой выпуклостью дна, как это обычно и бывает у строматолитовых построек. Затем отдельные столбики или зерна перекрывались горизонтальными слоями, общими для многих столбиков или зерен (табл.2, фиг.3,4). Выше эти горизонтальные слои могут снова распасться на совокупность широких и узких столбиков. Подобные микростроматолитовые каёмки обхватывают оолиты, гальку, группы зерен. Таким образом в пленках-корках отчетливо видно, что оторочки оолитов и пизолитов являются частным случаем сферических строматолитовых построек - онкоидами. Такой вывод подтверждается и другим наблюдением. Обычно гладкая форма оболочек оолитов всегда приводила к заключению об их чисто хемогенном образовании. Однако среди оолитовых зерен имеется характерный тип обрастания, демонстрирующий "строматолитовый" стиль формирования концентрических наслоев, выбирающих лежащие в виде выступов на дне зерна, а не формирующийся на взвешенных или свободно перекатывающихся ядрах. Этот тип оолитов образно можно назвать "веерообразным" или "верным" (рис.4).

На том же фосфатопоявлении Джетымтал выше слоя со столбчатыми строматолитами, завершая продуктивную пачку, залегает слой тонкозернистых фосфоритов (0,2 м), в котором на шлифовке даже визуальнo можно различить сеть волнисто-субпараллельных тончайших (доли мм и до 1 мм) слоев - тонкораскристаллизованных корок. На рис.5 представлена зарисовка характера наслоенности этих

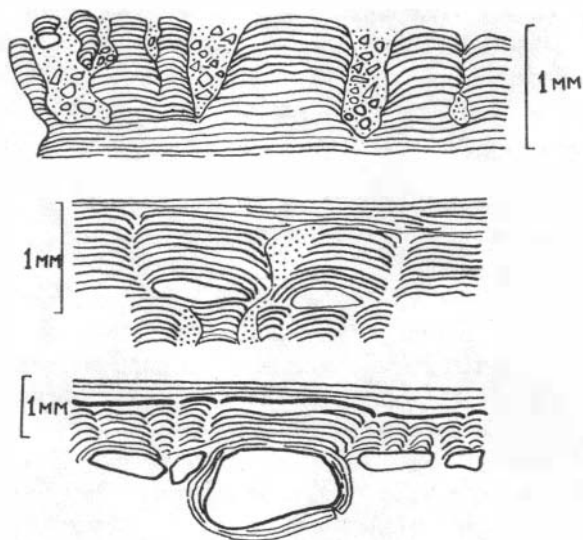


Рис.3. Строение фосфатных микростроматолитовых построек. Зарисовки по шлифам, показанным на фиг.4, табл.2 и фиг.1, табл.3. Фосфатные тонкокристаллические столбчатые и стратиформные строматолиты, надстраивающие фосфатные оторочки зерен. Вмещающая масса – микрозернистый фосфорит с афанитовыми фосфатными и карбонатными зернами.

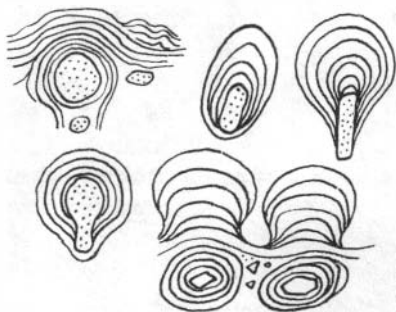
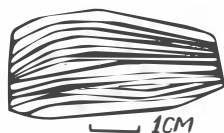


Рис.4. Зарисовки микростроения фосфатных зерен микрозернистых фосфоритов Каратау. Тонкокристаллические фосфатные оторочки развиваются односторонне. "Веерообразный" тип онколитов. Внемасштабно.

Рис.5. Зарисовка строматолитовой текстуры образца оолитово-зернистого фосфорита из верхней части НФ месторождения Джетымтал. Текстура заметна, благодаря тонким (0,1–0,5 мм) пленкам тонкокристаллического фосфата, разделяющим слойки, сложенные фосфатными пеллетами и оолитами.



корок, образующих типично биогермный узор, а на табл.4, фиг.1–3 – микрофото, на котором проглядывается параллельная послойная ориентация фосфатных кристаллитов в пленках, связывающих зерна.

Таким образом, фосфатные фитолиты, обнаруженные в разрезах Тьесая и Джетымтала, можно разделить на следующие типы: 1) куполовидные, 2) столбчатые, 3) стратиформные – плосконаслоенные и слабоволнистые системы элементарных слойков, 4) сферические – оолиты, пизолиты, онколиты.

Изучение шлифов из строматолитовых построек, сложенных афанитовым фосфатом, позволило распознать строматолитовую природу и некоторых других фосфоритов афанитовой структуры, встречающихся как отмечено ранее, по всему разрезу чулактауской и кыршабактинской свит. Оказалось, что слои черных афанитовых фосфоритов в КШС и НД (того типа, что на фиг.1, табл.1 в виде фрагментов таких слоев) являются тоже фитолитами. В карбонатных пластах КШС и в НД они залегают слойками от 0,5 до 5 см толщиной, сводообразно облекая доломитовые биогермы или глыбы, с такими наклонами отдельных участков, которые несвойственны нормально осажденному материалу. Уже одна эта форма залегания говорит об их биогенной природе. Но еще более красноречива микротекстура (табл.4, фиг.4). Она совершенно аналогична текстуре фосфатных наслоений в столбчатых или купольных и биостромных постройках. Эта текстура видна под микроскопом в проходящем свете по полосчатой окраске тончайших слойков, на которые распадаются такие афанитовые фосфатные слои. Характерна "биогермная" форма облекания этими пленками кварцевых песчинок, попавших в водорослевый мат, по которому впоследствии формировалась афанитовая пластовая постройка. Песчинки облекаются пленкой в форме буквы омега. В таких афанитовых черных фитолитах не встречено спикул – они появляются лишь с верхов НД, но имеется характерная "сыпь" и "грозди" из мельчай-

ших, довольно правильных сферул, выполненных кварцем, карбонатом или фосфатом – реликтов водорослей или каких-то иных колоний микроорганизмов.

Афанитовые фосфатные строматолитовые ламины, насыщенные спикулами губок, местами обильно, местами реже, в разрезе чулактауской свиты, как выше отмечено, образуют регионально распространенный биостром в основании КТ, который облекает неровности кровли НД, имея такие же омегообразные и антиомегообразные изгибы слоевищ; ранее он был выделен нами как "базальный фосфорит" /12, с.74-75/. Аналогичные кремнево-фосфатные биостромы имеются и в середине КТ, и в основании ЖМГ. Дезинтегрируясь после фосфатизации, биостромы и биогермы с афанитовыми фосфатными слойками давали плоские, часто сохраняющие изогнутость обломки с характерной вышеописанной текстурой.

Яркий пример образования галек-интракластов за счет биостромов дает тот же разрез месторождения Тьесай. Здесь между НФ и СП залегает слой крупногалечного конгломерата с фосфоритовой и кремневой галькой в карбонатно-фосфатном зернистом матриксе. Местами конгломерат подстилается тонкополосчатой фосфатной породой: в ней светло-серые полосы-ламинаы толщиной от долей мм до 1-2 мм переслаиваются и перелинзовываются с черными толщиной от долей мм до 1-5 мм (табл.5, фиг.1-3). На первый взгляд, эта тонкополосчатая порода представляется обычной ровнотонкослоистой "кремнистой", выдерживающей горизонтальность наложения на метры – в пределах обнаженности (в стенках карьера). Однако изучение по простиранию обнаруживает резко веерообразно, выпукло вверх сближающиеся слойки – типично биогермные схождения. Микроскопически – это переплетение тонких фосфатных тонкокристаллических корок (на фиг.1, табл.5 светлое), которые связывают слойки, линзочки, присыпки фосфатных пеллет (на фиг.1, табл.5 – темные полосы). В целом это биостром фосфатных так называемых "алгал-ламинитов" – полосчатый фитолит мощностью 0,3-0,5 м. Биостром подстилается слоем (0,15-0,40 м) мелкогалечного конгломерата или гравелита с галькой из аналогичных алгал-ламинитов. Налгающий на биостром крупногалечный конгломерат (в изученном сечении он имел мощность 1,6 м) здесь содержит множество галек из породы подстилающего биострома, а непосредственно покрывающий этот конгломерат слоек фосфорита тоже имеет типично строматолитовую текстуру, слагаясь тонконаслоенными фосфатными корками.

Еще одним примером фосфатных строматолитовых образований служат фосфориты проявления Акташ на р. Кыр-Шабакты, располагающегося в пределах крайней северо-восточной полосы фосфоритовых выходов бассейна Каратау. Здесь, тоже в весьма сокращенном разрезе продуктивной части чулактауской свиты ($\text{НФ} + \text{СП} + \text{ВФ} = 6 \text{ м}$), в ВФ зафиксированы черные, на первый взгляд, - афанитовые или тонкозернистые фосфориты. При детальном микроскопическом изучении оказывается, что они состоят из мелкоплитчатых неравномерным переслаиванием тончайших афанитовых фосфатных микрослоек, прослаивающихся - как бы "связывающих" - слойки-присыпки тонкозернистого пеллетного фосфорита. В целом это переслаивание имеет типичную текстуру биостромов. Отдельные слойки биостромов перемежаются со скоплениями интракластов афанитового фосфата с неправильно-округлыми "рваными" сечениями - обломками элементарных слоев строматолитов, возникавших при взламывании осадков, проходящих ранний диагенез и не претерпевших окатывания. Типично фитолитовой текстурой обладают некоторые слои из пачки НФ Акташа, в которых на фоне мелкоплитчатой волокнисто-наслоенной фосфатной массы рассеяны отдельные фосфатные пеллеты (табл. 5, фиг. 4). Аналогичную текстуру - тонкое чередование афанитовых или тонкораскристаллизованных фосфатных пленок-корочек со слойками и присыпками тонкозернистых фосфатных пеллет - имеют здесь прослои (до 5 см) черного фосфорита, залегающие в ЖМГ и БД на месторождениях Тьесаи, Джилан. Эти прослои являются биостромами, переходя по простираению в скопления плоских обломков - интракластов.

В разрезах самых различных по типу месторождений Каратау встречаются тонкослоистые зернистые фосфориты, на первый взгляд, ничего общего со строматолитами не имеющие. Но внимательное изучение их под микроскопом обнаруживает между зернистыми прослоями густую сеть слабо изогнутых и плоских афанитовых или тонкокристаллических тангенциально раскристаллизованных фосфатных корочек-ламин (табл. 6, фиг. 1).

Таким образом, в фосфоритонесущей формации бассейна Каратау фосфатные строматолитовые постройки распространены довольно широко. Наиболее развиты малозаметные ламиниты, представляющие собой небольшие по вертикальному размеру биостромы, которые встречаются не только в сокращенных разрезах фосфоритонесущей формации, но и в мощных (месторождения Коксу, Джанытас - табл. 6,

фиг.2). Подобные тонкополосчатые стратиформные фосфатные фито-литы – конечный результат минерализации органических покровов (матов), связывавших зернистый фосфатный ил или песок. Фосфат алгал–ламинитов встречается в двух модификациях: раскристаллизованной – с тангенциальной ориентацией кристалликов или "нераскристаллизованной" (для разрешающей силы оптического микроскопа).

Можно предположить, что афанитовый фосфат, даже если это матрикс, скрепляющий фосфатные зерна, может оказаться результатом действия комплекса строматолитообразующих организмов: в массе такого фосфата обычно рассеяны реликты водорослевых комков, нитей, пленок, колоний; а по форме построек с афанитовым фосфатным цементом их легко квалифицировать как составные части биостромов или биогермов. Тонкие слои афанитового фосфата возможно в ряде случаев считать биостромами не только вследствие наличия в таком фосфате реликтов водорослевых компонентов. Показательной является текстура этих слоев, обнаруживающих "строматолитовую" наслоенность, их форма, распадение на "волокнисто" сочетающиеся подслои. Наконец, иногда они по простиранию переходят в корки тангенциально раскристаллизованного фосфата, местами обнаруживающие типичную микробиогермную наслоенность.

Сравнение микростроения индивидуальных наслоев фосфатных строматолитовых построек с микростроением различных фосфатных частиц (зерен, обломков) показывает, что здесь имеет место существенное сходство. Если мысленно отбросить многослойные (оолитовые) и одинарные (онкоидные) оторочки фосфатных зерен, то оставшиеся ядра представляются весьма однообразными, исключая такие, в общем немногочисленные ядра, как обломки фосфатных корок, фосфатный биодетрит. Они сложены афанитовым фосфатом, в разной степени раскристаллизованным, с такими же включениями, какие встречены в афанитовых фосфатных наслоях типичных строматолитовых построек, с той же текстурой или ее элементами. По размерам фосфатных обломков наблюдается непрерывный ряд: от крупных угловато–плоских, часто слегка изогнутых фрагментов строматолитовых построек до округлых зерен алевритовой размерности. Фосфатные частицы гравийно–алевритовой размерности имеют практически все структурно–текстурные признаки ламин фосфатных фитолитов, т.е. действительно являются их фрагментами.

Следует высказать предположение о том, что образованию ка-

кой-то части фосфатных зерен псаммитовой размерности содействует явление диагенетической грануляции бесструктурной фосфатной массы ранее возникших афанитовых фосфатных слоев. Начальная фаза этого процесса заключается в стягивании тонкого фосфатного материала в сгустки. Последние имеют округлую, округло-угловатую, в общем, довольно разнообразную форму и размерность от алевритовой до гравийной. Иногда их форма оказывается даже угловатой и очень напоминает типичные обломки. Формы сгустков, по-видимому, определяются многим: взаиморасположением центров и величиной сил стягивания, системой ультрамикротрещиноватости в бесструктурном веществе и т.п. Преобладают, конечно, округлые формы, очень похожие на свободные микрoзерна фосфатов. Между такими сгустками или только по их периферии возникают зоны разуплотнения, где фосфат быстрее теряет рассеянную в нем органику и кристаллизуется, образуя радиально-кристаллические оторочки, могущие протягиваться с одного сгустка на другой, окаймлять сгусток лишь частично. Раскристаллизованная в межсгустковом пространстве порода приобретает вид "зернистой", "оолитово-зернистой" с фосфатным "цементом". Но такая структура получается за счет явления постседиментационной грануляции, до механической дезинтеграции осадка. Кристаллизационное разъединение зерен подчеркивается в такой породе полным отсутствием по их периферии "пылевых рубашек", обычно приобретаемых при перекачивании по дну, или иных признаков загрязнения поверхности зерна во время транспортировки. В других случаях раскристаллизация бесструктурного фосфата приводит к образованию сферолитовой структуры: возникает множество центров кристаллизации, вокруг которых создаются концентрически-слоистые зерна, без ядер или с ними, идеально сферической формы или радиально-лучистые. Раскристаллизованный микросфорит впоследствии, обнажаясь на дне, легко дезинтегрируется механически. Преобладающий размер фосфатных микрoзерен в Каратау — 0,1 мм /3I, с.63/ и их доминирующая форма — округлая, с соотношением диаметров менее 1,5 /3I, с.62/ — совпадают с преобладающими размером и формой сгустков в афанитовых фосфатных слоях, на которые они распадались вследствие процессов кристаллизационной грануляции и последующей механической дезинтеграции.

Примесь почти неокатанных — "рваной" формы или просто угловатых — фрагментов микросфоритов с характерной для строматолито-

вых слоев текстурой и включениями (табл.6, фиг.3) имеется на всех уровнях продуктивной толщи Каратау. В ряде случаев, особенно в сокращенных разрезах, плоские фосфатные интракласты галечно-гравийной размерности, часто с заостренными краями слагают целые пласты, причем наблюдается очень плотная укладка обломков вследствие их уплощенной формы.

Таким образом, мы приходим к заключению, что все зерна и прочие кластические фосфатные элементы микрозернистых фосфоритов Каратау—это продукты дезинтеграции, фрагменты фосфатных элементов разрушенных строматолитовых построек — фитолитов — или фосфатизированных органонасыщенных элементов илов. Оторванные от материнских фосфатных фитолитов или отвердевших корочек ила, а также вымытые из незатвердевшей массы осадка, фрагменты быстро измельчались до устойчивой псаммитовой размерности или же возникали сразу именно в такой размерности, благодаря гранулирующей деятельности стягивания и раскристаллизации афанитовой фосфатной массы. Вязкая водорослевая (цианобактериальная) слизь обволакивала перемещающиеся по дну интракласты, некоторые скрепляла в агрегаты. Эта слизь, консервируясь осадком, впоследствии фосфатизировалась точно так же, как и слоевища более крупных строматолитовых построек; в результате возникали оолиты, в том числе сложные агрегированные, и пизолиты, в текстуре корок которых нередко можно увидеть типичные микробиогермные черты. На отдельных участках слизь покрывала целые участки дна, приводя к формированию квазиплоских микрокристаллических слоистых корок или афанитовых фосфатных слоев, а при обильном поступлении зернистого материала — к образованию фосфатного "цемента" различной текстуры. Все эти образования микро- и мини-биостромного типа вскоре частично или полностью разрушались, давая новые массы интракластов.

О значительной роли строматолитообразования для накопления зернистых фосфоритов говорится в упомянутых выше статьях индийских и китайских геологов. О "микросфторит-интракластовом механизме" накопления зернистых фосфоритов Флориды подробно пишет С.Риггс /29, с.128-130/. Однако при этом он исходит из мнения о хомогенности микросфторитового ила, порождающего при его дезинтеграции "аллохемы".

Изучение каратауских кремней и фосфоритов, а также ассоцииру-

ющих с ними слабо раскристаллизованных карбонатов подводит к тому, что представления об участии органической массы в минерализации этих веществ здесь можно конкретизировать именно как высказывания о механизме строматолитообразования. Формирование фосфатных оолитов является разновидностью этого процесса. Возникающие на поверхности дна или на отдельных его участках, обладающих какими-то преимуществами (топографические особенности или наличие затравок), цианобактериальные слоевища-пленки, т.е. органические маты, фосфатизируясь (возможно, всегда после предваряющего обызвествления), вскоре дезинтегрировались, порождая накопления интракластов. Тонкостратиформные пленки-слоевища фосфатов прослаивали и переотложенный материал (табл. 6, фиг. 4, 5). Измельчение фосфатизированных фитоцитов происходило как по случайной сети трещинок, так и в соответствии со структурой, возникавшей при кристаллизационном гранулировании. Конечно, как отметил С.Риггс /29, с.130/, структурно-текстурная идентичность мелких и крупных интракластов с уменьшением размеров фрагментов затухает.

Повторим: фосфатные элементы строматолитовых построек встречаются в двух модификациях – бесструктурные и тангенциально раскристаллизованные (корки). Степень раскристаллизации может быть самой разной, образуя непрерывный спектр между этими двумя модификациями. Внутри наслоев строматолитовых построек может содержаться в совершенно различных количествах – от ничтожных до преобладающих – механическая примесь различных частиц: биодетрита, тончайше рассеянного аутигенного и терригенного материала (чешуйки гидрослюд, гидроокислы, сульфиды, кварц, карбонат и т.д.), а также тончайше рассеянное углеродистое вещество в виде темного пигмента.

Сравнение макро- и микротекстур как самих каратауских строматолитовых фосфоритов, так и сопровождающих их нефосфатных пород (карбонатов и кремней) с опубликованными в работах (21, 28, 30, 32, 54, 59, 61, 63/ микрофотографиями сечений истинных фитоцитов приводит к заключению о высокой степени сходства. До последнего времени строматолитовые постройки чулактауской свиты (как правило, лишь карбонатные, в том числе онколиты) замечали только в НД и ЖМГ. Сейчас можно сказать, что значительная часть всех карбонатных пород свиты является строматолитовой или продуктами их дезинтеграции. Нераскристаллизованные участки этих пород почти

всегда обнаруживают микростроматолитовую текстуру (купола, столбики, "ветки", ламиниты). В покрывающей чулактаускую свиту карбонатной шабактинской серии строматолиты распространены почти сплошь, являя огромное разнообразие форм биогермов и биостромов /6/, в том числе тончайше наложенных, с толщиной слоев от долей мм и до I мм, а также онколитовых пород. Такие биостромы толщиной иногда до I см перемежаются с невыдержанными слоями мелких плоских интракластов, имеющих текстуру биостромных слоев.

Интересным объектом с позиций изучения строматолитов являются кремнистые горизонты чулактауской свиты, а также ниже- и вышележащих свит.

Издавна известна ассоциация фосфоритов и пластовых кремней. Некогда на ней строились обоснования причинной связи фосфоритообразования с вулканической деятельностью /например, 3; 9, с. 171-179; 38/. Однако известно множество залежей осадочных кремней, никак не связанных с фосфоритами. Считалось, что пластовые кремни отлагаются химически, вследствие обильного поступления в морские воды кремнезема при подводной вулканической деятельности, иногда могущей поставлять в морские воды и фосфаты прямо или косвенно. Но, если возможность выноса кремнезема в составе эффузивов подтверждалась и непосредственными наблюдениями над современным вулканизмом, то возможность поступления таким же образом в морские воды ф о с ф а т о в в сколько-нибудь значительных количествах и без обильного сопровождения металлами до сих пор практически декларируется.

Со временем стали приходить к заключению, что палеозойские и более молодые пластовые кремни, сопровождающие фосфориты, чаще всего являются биогенными (спонголитами, как в Каратау, или диатомитами - в молодых отложениях). Появились расчеты, показывающие, что в нормальных морских водах содержится достаточно кремнезема, чтобы обеспечить образование пластовых кремней в зонах фосфоритообразования - на мелководных участках шельфа /48, с. 369-373/. Вместе с тем вырисовывается не беспорядочное размещение кремневых горизонтов, ассоциирующих с фосфоритами, а вполне постоянное их местонахождение в профиле распределения литологических компонентов фосфоритонесных формаций, симметричность их положения (обрамляющего) относительно продуктивных частей разре-

за /II/. Подобные явления могут свидетельствовать о том, что ассоциирующие с фосфоритами кремни являются определенным элементом профиля нормального осадконакопления, подчиняются цикличности осадочных процессов и не связаны прямо с такими экстраординарными явлениями, как вулканические эксталяции.

Много лет изучались кремнистые породы чичканской свиты — средней части мощной (около 1000 м) малокаройской серии, непосредственно подстилающей фосфоритоносную формацию Малого Каратау /см. I2, с.44/. Чичканская свита отделена от фосфоритов пятью-восемьюстами метров туфогенно-терригенной курганской свиты и сама является существенно терригенной, сложенной тонконаслоенными черными, а в выветреном состоянии — зелеными алевролитами и аргиллитами. Среди ее терригенных пород, нередко глауконитоносных, в средней части свиты залегает пачка, обогащенная карбонатными породами. В них и в переслаивающихся с ними терригенных породах наблюдаются обильные включения черных кремней разнообразной, часто причудливой формы. Среди этих форм встречаются типично строматолитовые куполовидные образования, окруженные изогнутыми обломками их слоев. Из этой части разреза описаны строматолитовые постройки, напоминающие древесные стволы: *Sophrhyton gaubitzae* Krylov. В чичканской свите имеются крупные кремневые бисгермы и иных форм, например, типа вдавленных посредине караваев до метра в диаметре, наложенных один на другой, это так называемые "микроатоллы". Имеются пласты мелко столбчатых кремневых строматолитов в доломитовом матриксе (табл.7, фиг. I). Максимально же развиты в пачке невыразительные субпослойные выделения кремней, производящие впечатление "линзовидных", "желваковых", и неправильно-слоевой или даже слоистой формы без признаков биогенной структуры. Однако в шлифах эти кремнистые выделения, первоначально принимаемые нами за метасоматические, имеют микротекстуру, очень характерную для строматолитовых построек и неотличимую от микротекстуры слоев из явных биогермов в этой же свите. В ряде мест можно видеть и макроскопическое типичное строение биогермов (рис.6).

Другим объектом, относящимся к фитолитам, является кремневый горизонт чулактауской свиты. Вышеупомянутое огиание тончайше слоистыми (волоконисто-слоистыми) кремнисто-фосфатными слоями в основании КГ выступов в кровле НД от-



Рис.6. Зарисовка строения биогерма в обнажении кремнисто-глинисто-алевритовых пород чичканской свиты. Черное – сплошной раскристаллизованный кремнезем. Малокарыйская долина, р.Тамды.

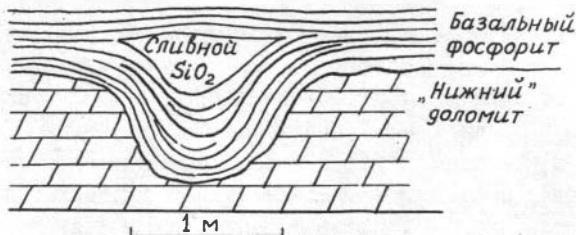


Рис.7. Зарисовка характера залегания слоев в фосфатно-кремнистом биостроме. Горизонт "базальный фосфорит", налегающий на НД. Месторождение Джилан.

мечено еще в 1959 г. /36/. Обращают на себя внимание очень крутые, почти вертикальные наклоны слоев, огибающих эти выступы, что свойственно лишь водорослевым матам (рис.7). В работе /12, с.74-75/ описан уже ранее упомянутый тонкий слой, развитый повсеместно на территории Каратауского бассейна между НД и КГ и названный "базальным фосфоритом". Это слой мощностью 0,1-0,5 м кремнисто-карбонатного фосфорита тончайшеслоистой, типично ламинитной текстуры, образующий характерные биостромные и биогермные формы. В шлифах из пород данного слоя повсеместно наблюдаются микро- и макростроматолитовые купола (табл.7, фиг.2). Слойки этого регионально выдержанного биострома слагаются афанитовым фосфатом, кремнем, реже карбонатом и насыщены спикулами губок, которые то же то кремнистые, то фосфатные, то карбонатные. Местами спикул так много, что породу можно назвать спонголитом. Здесь полная аналогия со столбчатыми и куполовидными фосфатными строматолита-

ми Тьесая и Джетымтала, слойки которых тоже насыщены спикулами. На некоторых участках "базальный фосфорит" переходит в плоскообломочные брекчии взламывания, что ранее было описано на примере разреза месторождения Джилан В.Н.Холодовым и А.С.Корякиным /36/, т.е. наблюдается такая же картина брекчирования биостромов, как и внутри НД.

Детальное визуальное и микроскопическое изучение вышележащих слоев КГ и кремневой (как представляется – более мелководной) фации СП показало, что в них тоже можно установить большое количество типичных биогермных текстур. Выпуклые биогермы в КГ упомянуты нами в /12, с.82, рис.40, 41/. Они визуальны распознаются в сплошной кремневой массе только по текстуре, а в случае пере-слаивания кремней и глинистых пород – по линзообразным выделениям кремня, в которых текстура стерта раскристаллизацией /12, рис.39/. В кремневой фации СП на месторождении Джилан можно видеть в одном и том же слое кремня фитолиды "выпуклые вверх" и выпуклые вниз" (рис.8). И если последние иногда можно принять, как и случилось, за обычное седиментационное заполнение впадин, то "выпуклые вверх" не оставляют сомнений в их строматолитовой природе.

Макроскопически массивные кремни КГ представляют собой микроскопическое "волокнистое" переплетение окрашенной органикой буроватой пелитоморфной халцедоново-кварцевой или неопределимой точнее чем "кремнистая" слабо поляризующей массы, проявляющей тончайшую наслоенность (табл.7, фиг.3). В эту массу включены листочки гидрослюд и любой другой механически занесенный материал: спикулы губок, зерна кварца, карбоната, фосфата и др. Эта примесь (кроме гидрослюд) не беспорядочно рассеяна в массе кремня, а формирует слойки-присыпки, кучки, которые своей конфигурацией как бы повторяют направления наслоенности кремневых "волокон". Механический материал изначально явно связывался элементами вязких органических матов, по контурам которых впоследствии фиксировался кремнезем. В целом текстура кремней соответствует известным текстурам водорослевых ламинитов (табл.7, фиг.4). Пространственные взаимоотношения между разновидностями кремнистых компонентов породы таковы, что можно заключить: раскристаллизация развивается по первично-микрослоистой массе, образованной сетью наслоев с характерной "волокнистой" микротекстурой. С ко-

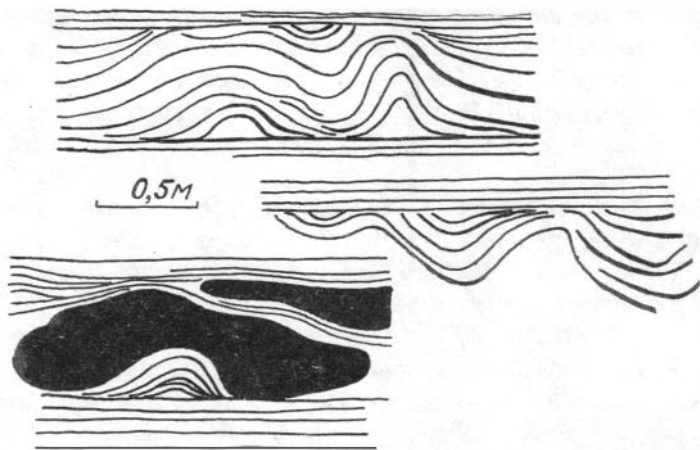


Рис.8. Куполовидное и стратиформное строение кремнистых слоев на уровне СП месторождение Джилан.

личественно преобладающими линзонаслоями кремня ассоциируют фосфатные зернистые или афанитовые линзонаслои, а также карбонатные.

Таким образом, кремнистые породы КГ в целом состоят регионально выдержанный строматолитовый горизонт, составленный из множества мелких биогермов и биостромов с различной долей участия механической примеси в материале их элементарных наслоев и между ними. Главной составляющей этой механической примеси являются спиккулы губок и фосфатные зерна.

Надо учитывать, что процессы раскристаллизации и постседиментационного перемещения кремнезема, происходящие весьма неравномерно и зависящие от многочисленных факторов, в том числе от количества и характера примесей, от структуры первичного осадка, от интенсивности постседиментационного стресса, от мощности слоев и т.п., приводят к существенной затухке первичной текстуры кремнистых фитолитовых построек, местами стирают их опознавательные черты, формируют бестектурные "силициты", нередко имеющие "рвущий", секущий характер контактов с вмещающими слоистыми породами.

Заканчивая раздел о строматолитовых фосфоритах Каратау, нельзя не коснуться образований промежуточного, как представля-

ется, вида между фосфатизированным водорослевым матом и чисто хемогенным наслоем. Это так называемые "хард-граунды" – отвердевшие поверхности осадка. Явление возникновения хард-граундов особенно характерно для карбонатных отложений.

В отложениях каратауской фосфоритоносной формации фосфатизированные хард-граунды можно увидеть во всех горизонтах, особенно хорошо макроскопически они выражены в НД и в "А"-массивном слое доломитов, покрывающих БД (уже за пределами чулактауской свиты). Фосфатные хард-граунды внешне представляют собой в поперечном сечении черные, бурые полосы толщиной до I см, которые сверху ограничены резко, а снизу их темная окраска нарастает постепенно. Интенсивность окраски породы прямо пропорциональна содержанию фосфата. Отвердевшей темной коркой заканчиваются мелкие циклы осадконакопления, и, судя по характеру поверхностей хард-граундов (следы размывов, биотурбаций, присыпки детрита над поверхностью и т.д.), эти поверхности оформлялись в течение перерывов.

Примечательно, что темная зона, богатая фосфатом, вместе с тем часто насыщена и органическими остатками. Наиболее обогащенная фосфатом самая верхняя часть разреза хард-граундов микроскопически почти неотличима от некоторых фосфатных строматолитовых слоек; она содержит афанитовый фосфатный матрикс и лишь не обладает характерной ламинитной или биогермной текстурой. Над верхней границей темной полосы часто можно видеть плоские интракласты размывших частей хард-граундов, очень схожие с бассейновыми интракластами. П.Саутгейт /68/ обращал внимание исследователей на широкое развитие фосфатизации хард-граундов и ее возможности являться источником некоторой части фосфатных интракластов песчаной размерности для формирования микрозернистых фосфоритов.

Образование литифицированных фосфатизированных корок по той части осадка, которая более насыщена органикой, позволяет увидеть аналогию между процессами фосфатизации хард-граундов и строматолитовых наслоев. Последние формируются при минерализации того, что первоначально было органическим матом, а первые – путем минерализации поверхностной части осадка, наиболее насыщенной органикой вследствие замедления карбонатакопления. Возможно, что фосфатизация хард-граундов тоже идет по карбонату. Сущность же процесса едина в обоих случаях – диагенетическая минерализация фосфатов в пространстве, насыщенном органикой.

4. ФОСФАТНЫЕ И КРЕМНИСТЫЕ СТРОМАТОЛИТОВЫЕ ПОСТРОЙКИ АЛТАЕ-САЯНСКОГО И ХУБСУГУЛЬСКОГО ФОСФОРИТОНОСНЫХ БАССЕЙНОВ

В 50-х и 60-х гг. в складчатых областях юга Сибири (Алтае-Саянской и Байкальской) и на смежной с этими областями территории Монголии, у озера Хубсугул, были обнаружены многочисленные проявления и месторождения верхнедокембрийских (теперь – нижекембрийских) фосфоритов. Как упомянуто ранее, впервые строматолитовые фосфориты были найдены именно в Горной Шории. Однако все более поздние находки фосфоритов в Алтае-Саянской области к строматолитовому типу не были отнесены, так как ясных текстур, характерных для строматолитовых построек, в них не замечали. Выявленные здесь фосфориты залегают слоями, в переплетении с кремнистым или карбонатным материалом. Собственно фосфатные слои в случае отсутствия примесей характеризовались, как правило, афанитовой, тоннокристаллической или криптокристаллической структурой, которая чаще всего воспринималась как признак химического выпадения фосфата. В целом такие афанитовые фосфориты, независимо от мощности их слоев, определялись как "пластовые" и неправомерно считались аналогами пластовых микрозернистых фосфоритов бассейнов Каратау, КНР, Фосфория, среди которых всегда имеются слои афанитовых фосфоритов, на предмет определения их практической ценности. Сравнение новооткрытых фосфоритов Сибири с промышленными месторождениями фосфоритов Каратау и КНР подкреплялось близостью возраста (позднедокембрийского или раннекембрийского) тех и других, а также сходством состава рудовмещающих формаций – "кремнисто-карбонатным". Однако на этом аналогии и заканчивались.

Несхожесть известных промышленных пластовых микрозернистых фосфоритов с "пластовыми" микрофосфоритами Сибири в первую очередь усматривалась в различии тектонических обстановок. Если все крупные месторождения древних пластовых фосфоритов занимали, как считалось, "миogeосинклинальное" (перикратонное) положение, кроме "платформенных" китайских, то алтае-саянские вначале были определены как "эвгеосинклинальные" /22/, вследствие больших мощностей вмещающих формаций и пространственной близости их к вулканогенным толщам примерно того же возраста. Впоследствии, после

открытия месторождений Хубсугульского фосфоритоносного бассейна (ХФБ) в МНР и его продолжения на север в область Восточного Саяна на территорию СССР, стало ясно, что пространственная связь фосфоритоносных формаций с вулканогенными толщами не может рассматриваться как существенная и тем более как причинная. Свиты, вмещающие пластовые фосфориты Каратау, Фосфории и бассейна Джорджина, тоже перестали рассматриваться как "геосинклинальные". Стало учитываться понятие о "карбонатных платформах" континентальных окраин, и позиции всех пластовых фосфоритов упоминаемых регионов вложились в него. Немаловажную роль в отказе от применения к классификации фосфоритовых месторождений понятий "платформа" и "геосинклиналь" сыграло и возникновение концепции плитной тектоники. Остался главный аспект сравнения: структурно-текстурные особенности самих фосфоритов и вмещающих слоев.

При сравнениях /см. например, IO, с. IO8-II0; I4, с. I36; 22, с. I75/ отмечалось, что фосфориты Алтае-Саянского и Хубсугульского бассейнов отличаются от пластовых фосфоритов крупных и аналогичных по возрасту месторождений (Каратау и КНР) превалированием тонкокристаллического фосфатного вещества при крайне небольшом распространении оолитов и микрозерен; обилием брекчиевых разновидностей фосфоритов; ступково-неправильной формой фосфатных обособлений; "размытыми", расплывчатыми контурами и невыдержанностью рудных залежей; в монгольских фосфоритах - четким тонким и частым переслаиванием фосфатных и нефосфатных карбонатных и кремнистых компонентов. "В ХФБ, - писал А.В.Ильин - из-за каких-то не вполне ясных причин афанитовый фосфатный материал лишь в редких случаях преобразовывался в зернистый. Обычно же он либо сохранялся в первичном виде, образуя прослои или полосы монофосфатного состава, лишенные какой-либо внутренней структуры, либо ... дезинтегрировался на неправильные по форме и разнообразие по величине выделения" /I4, с. I40/.

В ранних описаниях фосфоритов складчатых областей юга Сибири и ХФБ основное внимание уделялось макроформам фосфатных выделений, структуре фосфатного вещества по размерности кристаллов, характеру залегания продуктивных пластов. Детали текстурных особенностей самих микрокристаллических фосфатных образований как-то выпадали из поля зрения. В одной из основополагающих работ /22/ по фосфоритам Алтае-Саянской области (АСО) они были класси-

фицированы на следующие типы: 1) седиментационные: тонкокристаллические карбонатные, карбонатно-кремнистые, кремнистые, мономинеральные – без примесей к фосфату; 2) седиментационные переотложенные: брекчиевые, карбонатные, фосфатные; 3) седиментационно-диагенетические: стяжения в кремнистых сланцах, карбонатах; 4) переотложенные седиментационно-диагенетические гравелитовые: кремнистые, карбонатные, мономинеральные.

Тонкокристаллические фосфориты АСО, как отмечалось, могут образовывать и относительно мощные пласты, а точнее говоря – пластообразные залежи, но часто слабо выдержаны по простиранию в отличие от очень выдержанных залежей зернистых и микрозернистых фосфоритов; могут резко выклиниваться, расщепляться, часто не имеют ясных границ. Это объяснялось тем, что данные фосфориты формировались как хемогенные осадки в условиях высоких темпов накопления соосажающихся с фосфатом тоже хемогенных карбонатов и кремнезема, т.е. быстрого захоронения ортохемного фосфатного осадка, и, как следствие, невозможности его существенных перемывов, которые бы могли сформировать богатые зернистые фосфориты /23/.

Как можно видеть, вышеприведенная классификация, учитывала только состав цемента и форму фосфатных выделений вместе с элементарной структурой фосфата. Более подробная классификация была составлена для фосфоритов Хубсугульского месторождения позже /16, 17/. В ней уделялось большее внимание форме и строению (текстуре) весьма разнообразных собственно фосфатных афанитовых элементов породы. Было отмечено наличие фосфатных овулей с зональным распределением органического вещества, зерен с каемками, оолитов и др. Авторы описали неоднородности в микрофосфоритовых слоях и в изолированных выделениях фосфата неправильной или округлой формы, а также "зернистые" и различные "обломочные" фосфориты. Фосфатные афанитовые прослоечки по-прежнему определялись как "чисто хемогенные образования", зернистые – как "микрoкoнкpециoннoе" /16, с.70/.

Новые соображения относительно природы пластовых фосфоритов АСО и ХФБ возникли после проведенного нами сравнения их с типично строматолитовыми фосфоритами Араваллийских гор в Раджастане, бассейна Тал в Низких Гималаях, Горной Шории и Каратау, в которых иногда тоже чередуются кремнистые, карбонатные и фосфатные

наслои. В публикациях по строматолитовым фосфоритам супергруппы Аравалли, бассейна Тал и Горной Шории, а также платформы Янцзы (КНР) /см.32, 47, 53, 54, 59/ приведены фотографии образцов и шлифов из фосфатных строматолитовых построек. Сравнение этих материалов, дополненных образцами и шлифами собственных сборов автора, с материалами по фосфоритам Сибири и МНР показало, что "пластовые" афанитовые фосфориты АСО и ХФБ обладают текстурами и структурами, идентичными таковым типично строматолитовых фосфоритов.

Уже при полевом осмотре теми, кто изучал фосфориты Хубсугульских месторождений, была отмечена высокая степень внешнего сходства между фосфоритами фации Тал и Хубсугульскими — по одинаковым черным афанитовым прослоям и характеру переслаивания /18/. В фации Тал эти прослои обнаруживают подлинно строматолитовую текстуру, проявляющуюся благодаря наличию пирита, который, развиваясь по слойкам и контактам между ними, трассирует неразличимые иначе строматолитовые купола (рис.9). В шлифах из этих, внешне очень однородных афанитовых прослоев фосфата, пигментированного органикой до черной окраски (дымчатая в шлифе), обнаружилась сложная текстура подобных фосфатных тел. В ней — на фоне тончайшей, микроскопически ламинарной, морщинистой, с разнообразными извилинами или сложнолинзующейся, как бы "волокнистой" слойчатости — фиксируются обильные ооидообразные и сферические, а также тонколинзовые, пленочные и т.д. выделения фосфата. Текстура эта проявляется различием в тонах окраски, наложенными карбонатизацией и окремнением. Характерными элементами здесь являются рассеянные, местами многочисленные сферулы и петли нитевидных образований явно органического происхождения, выполненные карбонатом, фосфатом или же кремнеземом (табл.8, фиг.1).

А.Д.Ахлувалия, как говорилось выше, обнаружил в составе строматолитовых фосфоритов фации Тал богатый комплекс органических остатков, отнесенных к водорослям и скелетной микропроблематике /42/. Аналогичные остатки наблюдаются и в черных афанитовых хубсугульских фосфоритах, которые при этом изредка проявляют текстуру выпуклых форм макрофитолитов, а чаще всего являются их стратиформными разновидностями.

Сравнение шлифов из типичных фосфатных строматолитовых наслоев горношорских фосфоритов, описанных в /32/, а также в /53,

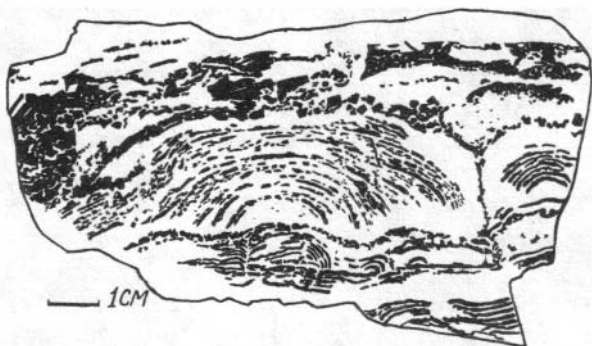


Рис.9. Зарисовка. Срез образца черного микрофосфори́та со строматолитовой текстурой, видной по узору пиритизации (черное — пирит, белое — афанитовый фосфат). Формация Тал, Индия.

см. фиг.2/, показало высокую степень сходства их текстуры с текстурой афанитовых фосфатных прослоев из других месторождений АСО и ХФБ. Ранее своеобразие таких текстур многими не воспринималось как биогенное, видимо, просто вследствие оторванности сферы их интересов от петрографии фитолитов. Изучение петрографических текстурных особенностей араваллийских, талских, горношорских и каратауских строматолитовых фосфоритов, а также типичных карбонатных и кремнистых строматолитовых и онколитовых построек, в том числе по работам В.П.Маслова, И.Н.Крылова, С.Н.Серебрякова, М.Е.Раабен, М.А.Семихатова, К.Л.Монти и др. (см. обобщающую статью /63/ с характерными фотографиями микротекстур построек) вместе с изучением публикаций по петрографии типичных строматолитовых фосфоритов Индии и КНР /46,47,54,59/ приводит к возможности заключения о фитогенном характере так называемых тонкокристаллических фосфоритов АСО и ХФБ. Текстуры последних в высокой степени сходны также с микротекстурами карбонатных пород водорослевого происхождения, приведенных в монографии "Карбонатные породы" на фиг.6-Д; 8-Б-Е; 10-Е; 11-В,Д; 12-Е; 13-А,В,Д,Е; 14-Б,Д,Е; 15-В /20, глава 4/.

Можно сказать, что значительной степенью схожести между собой обладают все афанитовые фосфориты АСО и Прихубсугуля, если иметь в виду именно их первичные выделения. Как справедливо за-

мечено в /15,22/, фосфориты этого региона в незначительной степени подверглись синседиментационному размыву, что выражается очень слабым развитием их кластических разновидностей псаммитовой размерности; формировались лишь брекчии взламывания или раздавливания, без перемыва. Они, в отличие от каратауских, также очень незначительно окислены грунтовыми водами, что позволило здесь сохраниться в фосфатном веществе органической примеси в виде черного пигмента.

Среди фосфатных образований в строматолитовых постройках различаются два основных типа: 1) водорослевые пеллеты – мелкие комки округлой, округло-угловатой и порою причудливой формы, часто содержащие разнообразные включения кварцевого или карбонатного состава; 2) сплошные афанитовые водорослевые слоёчки узорчато-разноокрашенные в коричневатые, серые и черные цвета, с включениями водорослевых комков. На табл.8, фиг.2,3 показаны эти два типа фитогенных фосфатных образований, переслаивающихся в одном и том же шлифе из строматолитового фосфорита формации Тал.

Постфосфатные карбонатизация или окварцевание часто преобразуют фосфатные слои строматолитовых построек в карбонатную, карбонатно-кремнистую или кремнистую породу с включениями фосфатных выделений округлой и неправильной форм – реликтов неравномерностей строения ранее сплошь фосфатных первично водорослевых прослоев.

В образцах и шлифах из фосфоритов таких месторождений и фосфатопоявлений Алтае-Саянского фосфоритоносного бассейна, как горношорские, Тамалыкское, Боградское, Саржаковское, Юлинское, Кутень-Булукское, Кызасское, Талановское, которые ранее квалифицировались как "афанитовые пластовые", повсеместно проявляется текстура строматолитовых наслоев, водорослевых комков, онколитов (табл.8, фиг.4; табл.9, фиг.1,2,3).

То же самое можно сказать и о фосфоритах Западного Прибайкалья, Морского хребта; Ухагольского, Харанурского, Хубсугульского, Цаганурского и Бурэнханского месторождений Хубсугульского фосфоритоносного бассейна. Фосфориты перечисленных площадей являются или фосфатизированными стратиформными строматолитовыми постройками, или скоплениями фрагментов (возможно псевдокластическими) этих фитолитов (табл.10, фиг.1-4; табл.11, фиг.1,2).

Надо отметить, что твердых доказательств прикрепленности ко дну всех первичных органических матов, по которым в конечном счете возникли фосфатизированные слои АСО и ХФБ, т.е. доказа-

тельств того, что эти слои действительно были биостромами, пока нет. Не исключено, что какие-то из "биостромов" ХФБ и АСО представляли изначально просто слоистые накопления отмершего планктона и иных биоформ, которые в итоге и фосфатизировались, подобно любому органическому включению в осадке. Тем не менее, в некоторых таких слойках "афанитовых" фосфоритов удастся подметить элементы именно строматолитовой текстуры – куполовидной, но чаще всего очень пологой (см. табл.9, фиг.4). А вот на месторождении Харанур, относящемся к ХФБ, обнаружены типичные столбчатые и крутотуповатые куполовидные фосфатные строматолиты (материалы А.Ф.Георгиевского, гос. науч.-исслед. институт горнохимического сырья).

Карбонатные или кремнистые прослои, чередующиеся на месторождениях АСО с фосфатными, также в ряде случаев имеют отчетливо выраженную микростроматолитовую текстуру, а встречающиеся слойки "микрозернистого" фосфорита являются онколитовыми (см. фиг.2, табл.II). В их массе включены фосфатные линзослоечки с фитогенной текстурой, а также нередко и детритный фосфатный материал, представляющий собой как неокатанные, так и окатанные фрагменты фосфатных наслоев и фитолитов.

Объем публикации лимитирует количество иллюстраций к сказанному, число которых можно было бы многократно увеличить; дополним показ за счет других источников. Так, к стратиформным строматолитовым следует отнести тонкослоистые фосфориты месторождений Хубсугульского бассейна, фотографии которых опубликованы в книге А.В.Ильина /15/ – на таблицах I, II, III, IV, VI, VII/3, VIII, IX/2/. В табл.VIII на снимке I черный слой в верхней части образца в шлифе представляет пример особенно типичной причудливо-узорчатой водорослевой микротекстуры. Он залегает между слоями с фрагментами подобных же фосфатных прослоев. Типичные фитогенные текстуры фосфатных образований изображены на микрофотографиях доломитистых фосфоритов в /16/ на фиг.3 и в /17/ – на фиг.1 (а, б, г). Строматолитовые фосфориты Тамалыкского месторождения АСО изображены на фиг.4, 5 в статье /22/; здесь же, на фиг.7 изображен "гравелитово-зернистый" фосфорит Богградского фосфатопоявления, сложенный, как выяснилось, интракластами из фосфатных наслоев строматолитовых построек. Такой же гравелит с фосфатными интракластами слоевищ с этого же участка изображен на рис.5 в работе /10, с.88/, эти интракласты гравийно-галечной размерности,

как оказалось, имеют текстуру элементов строматолитовых построек (см. табл.8, фиг.4).

В основании продуктивной пачки Хубсугульского месторождения (на Онголитгурском участке) вскрыты "пластовые" фосфориты тонко-слоистой, полосчатой текстуры – непрозрачные черные прослойки фосфата толщиной от 0,1 до 2–5 мм, распадающиеся на ряды мелких линзочек, часто с кулисообразным расположением; они чередуются с подчиненными по толщине более светлыми карбонатными слоями, имеющими тончайшее слоисто-волокнистое строение (табл.II, фиг.3). Эти слои являются элементами биострома с характерной водорослевой текстурой, в которой переплетены округлые и причудливо-узорчатые выделения, с карбонатом в интерстициях. Светлые карбонатные слои, прослаивающие фосфат, обладают типичной для строматолитовых слоев текстурой перемежающихся "волокон", местами "микробиогермной". В них включены мельчайшие выделения черного непрозрачного фосфата, обволакиваемые микрослойками карбонатного состава с типичной микростроматолитовой текстурой (табл.II, фиг.4).

Перейдем к кремнистым отложениям, ассоциирующим с фосфатонесущими пластами в Алтае-Саянском фосфоритонесущем бассейне. Силициты в АСО разбросаны по разрезам мощных карбонатных толщ докембрия и кембрия, где залегают в форме линз и "штоков", иногда мощных (десятки метров), но коротких (десятки, сотни метров), резко переклинивающихся с вмещающими карбонатами /9, с.170/. Такой характер залегания, а также отчетливые признаки перераспределения кремнезема и замещения им первично некремнистых образований /10, с.81–85/ позволили в прошлом сделать предположение о "катагенетическом" происхождении этих силицитовых масс.

Распознавание водорослевой текстуры в кремнистых породах фосфоритонесущего разреза Каратау позволяет по-иному увязать вышеперечисленные явления. Все сказанное относительно пород кремневого горизонта чулактауской свиты Каратау относится и к тем кремням, с которыми ассоциируют древние фосфориты в Алтае-Саянской области и ХФБ. Макро- и микротекстуры их обладают большим сходством с кремнистыми стратиформными фитолитами чичканской и чулактауской свит Каратау, в чем можно убедиться сравнением их текстур (см. фиг.5, на табл.II и рис.10, а также рис.II и фиг.I-2 на табл.I2).

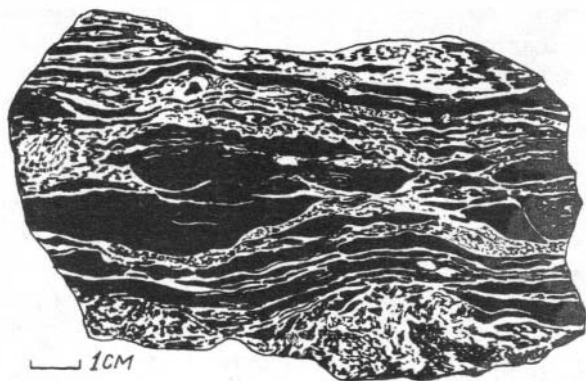


Рис.10. Зарисовка среза образца кремнистой породы. Черное – линзослойки сплошного кремня, светлое – тончайшеслоистые кремнистые слои с типичной "волокнистой" ламинитной текстурой. Близфосфоритовый горизонт, Батеневский кряж, АСО, мартюхинская свита у пос.Боград.

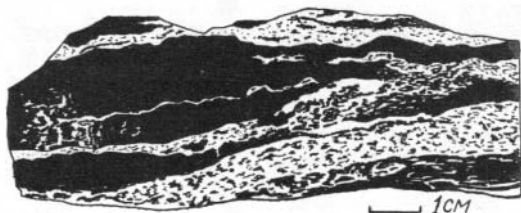


Рис.11. Кремнистые слои (черное) с водорослевой текстурой в светлом доломите. Чичканская свита, Каратау.

Таким образом, кремневые тела в фосфоритоносных карбонатных формациях Алтае-Саянской области, являются тоже биогермами и биостромами, строение которых осложнено постдиагенетическими процессами в результате регионального стресса, обусловившего местами достижение породами этих формаций начальных стадий метате-

неза. Особенностью кремнистых фитолитов фосфоритоносных формаций АСО и ХФБ является очень незначительное развитие легко распознаваемых выпуклых макроформ и доминирование тонкостратиформных построек, в том числе микроскопических. Как и в Каратауском бассейне, фосфатные строматолиты АСО могут тесно переплетаться с кремневыми или карбонатными, залегая "червячковидными" в поперечном сечении линзослойками (табл.12, фиг.3). Стратиформные фитолитовые образования тончайших размеров пронизывают целые пачки в разрезе древних толщ Алтае-Саянской области, и в целом фитолиты подобной формы и размеров могут считаться породообразующими. Многие из послойно развитых в этих толщах стратиформных "конкреций" кремнезема тоже являются, как показывает микроскопическое их изучение, замещенными кремнеземом биостромами, или биогермами; иногда с несколько видоизмененной формой по сравнению с первичным контуром, вследствие перераспределения кремнезема в процессах диагенеза и катагенеза.

5. О СТРАТИГРАФИЧЕСКОМ И ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКОМ РАСПРЕДЕЛЕНИИ СТРОМАТОЛИТОВЫХ ФОСФОРИТОВ КАРАТАУ

Информация о размещении строматолитовых фосфоритов по площади фосфоритоносного бассейна, а также по разрезу продуктивной толщи, вместе с данными о распределении нефосфатных фитолитов могла бы оказать существенную помощь при интерпретации обстановок фосфоритообразования. Изучение такого распределения желательно осуществлять по классам фитолитов, предварительно их классифицировав. Мы пока не имеем такой возможности, вопрос только поставлен. Требуется детальная проработка петрографического материала с участием специалистов по строматолитам.

Однако некоторые качественные выводы уже можно сделать. Прежде всего следует отметить, что фосфатные макрофитолиты (купола, столбчатые) вместе с заметным количеством микрофитолитов обнаружены в зоне сокращенных разрезов фосфоритоносной формации.

Месторождения Тьесай и Джетымтал со столбчатыми и куполовидными строматолитами находятся в одной и той же зоне – прибрежной. Разрез проявления Актас, где отмечены макроскопические фосфатные алгал-ламиниты и слои из крупных фосфатных интракластов строматолитовых построек, тоже сильно сокращен, располагаясь на выклинивании продуктивной части чулактауской свиты. Заметное количество водорослевых слоистых фосфатных корок обнаруживается в фосфоритовых слоях на месторождении Джилан, которое имеет еще более сокращенный разрез продуктивных горизонтов, чем Тьесай.

Как было отмечено ранее, фосфатные водорослевые неяснослоистые биостромы в виде черных афанитовых прослоев, облегающих неровности субстрата и переходящих по простирацию в брекчии, встречаются в Каратауской фосфоритоносной формации с самых нижних слоев КШС и в НД. По существу, все доломитовые слои КШС являются в основной массе фитолиновыми, а "нижний" доломит, согласно покрывающий КШС, сложен водорослевыми образованиями практически целиком, имея в верхней своей части столбчатые, ярко выраженные постройки. В целом в разрезе фосфоритоносной формации карбонатные строматолитовые постройки в НД наиболее хорошо выражены на площадях ее сокращенных разрезов.

Кремневый горизонт включает типично выраженные строматолитовые постройки тоже в зоне сокращенных разрезов формации (Тьесай, Актугай, Джилан, Беркуты). Биостром "базальный фосфорит" кремнисто-фосфатного состава в основании КГ развит везде, а в зонах сокращенных разрезов КГ, имеющем практически повсеместно текстуру биострома, в "базальном фосфорите" появляются наиболее ясно выраженные выпуклые и вогнутые формы построек. Видимо, стратиформные постройки являются производными более спокойных вод, чем те, в которых формировались столбчатые и куполовидные.

Количество фитолитов уменьшается на уровне НФ. Здесь развиты мелкие карбонатные купола в кремнях, мелкие кремневые и фосфатные слойки-пленки и изобилуют фрагменты дезинтегрированных фосфатных строматолитовых построек, но много фосфатных ламинитов.

На уровне сланцевой пачки фосфатные фитолиты уже вовсе не отмечаются, здесь только переотложенный материал; хотя иногда, например, на месторождении Аксай, встречаются крупные (до I см) карбонатные онколиты, приуроченные к моментам существенного обмеления (наблюдались непосредственно под интенсивно ожелезнен-

ной поверхностью размыва в разрезе месторождения Аксай). Условия для формирования фитолитов во время отложения СП возникали в моменты отложения фосфоритных конгломератов, среди галек которых (как в СП, так и в ВФ) фиксированы мелкие (размером в несколько сантиметров) карбонатные столбики.

На уровне ВФ отмечаются редкие тонкие (до 1–3 мм) отдельные фосфатные афанитовые слои в фосфорите, представляющем разнотекстурный песчаник, состоящий из переотложенных фосфатных пеллет, оолитов, обломков фосфоритов различной структуры. Изредка встречаются 2–5 сантиметровые прослои фосфатных алгал-ламинитов. Выше, начиная с уровня ЖМГ, резко и заметно возрастает удельное количество фосфатных фитолитов. Этот горизонт в зонах сокращенных разрезов фосфоритонесущей формации содержит до 3–4 слоев фосфатных ламинитов толщиной до 5–20 см, по простиранию распадающихся на плоские обломки.

В верхах БД отмечается до 2–3 уровней фосфатных биостромов толщиной до 10 см, в том числе "завершающий фосфорит", в кровле БД /см.12, с.105/. Доломиты горизонта БД почти по всей мощности имеют комковато-водорослевую текстуру /см.12, рис.56/, аналогичную текстуре средней части НД.

Такой же комковатой водорослевой текстурой обладает "верхний карбонат" – горизонт А /см.12, с.108/, налегающий на БД. В горизонте А, как и в НД, кроме фитолитовой текстуры карбоната фиксируются фосфатизированные хард-граунды /12, рис.59/ в виде черных корок, обильно насыщенных мелким фосфатным биодетритом.

Таким образом, распределение фосфатных фитолитовых образований в разрезе фосфоритонесущей формации Каратау в первом приближении одинаково с распределением преобладающих карбонатных фитолитов: максимумы – в низах и верхах формации, т.е. в периоды максимального мелководья.

Наибольшим удельным количеством карбонатных фитолитов обладают "нижний доломит" и "железо-марганцевый горизонт" – типично мелководные образования часто осушающейся зоны бассейна. Средняя часть формации отлагалась на этапе большего погружения. На этом уровне сначала (во время НФ) формировались преимущественно фосфатные корки и пленки, а также сферические фитолиты – оолиты и пизолиты, оболочки которых наслаивались на обломочках фосфатных слоев, иногда и на других нефосфатных частицах (кварц, карбонат).

Дальнейшее погружение (во время формирования СП) существенно затормозило фитолиитообразование, но на отдельных поднятых участках продолжался рост биостромов и мелких биогермов того же типа, который характеризует верхнюю часть КГ (Джилан, Беркуты, Дегерес). После отложения СП началось обмеление, но не постепенное, которое повторило бы последовательность в обратном порядке, а резкое: в составе В₂ фиксируется в основном механически перетолженный бассейновый материал, разбавленный терригенным. В последующем прогрессирующее обмеление привело к повторению в обратном порядке тех условий, которые имели место во время образования "нижнего доломита". ЭМГ, БД и горизонт А вместе составляют, по существу, гомолог перевернутого разреза "нижнего" доломита. В это время вновь формируются аналогичные фосфатные биостромы.

Обилие фосфатных макрофитоцитов сопровождается обилием в окружающем пространстве крупных фосфатных пизолитов с толстыми корками обрастания. В межстолбчатом пространстве фосфатных биогермов и в фосфатных биостромах Каратау отмечается заметное (хотя в абсолютном количественном выражении незначительное) присутствие глауконита, конформно заполняющего поры и изредка встречающегося в виде зерен. Нередко (и не только в ЭМГ) отмечается ассоциация фосфатных строматолитовых построек с марганцевистыми выделениями. Наиболее ярко выражена ассоциация фосфатных биостромов с поверхностями размыва.

Итак, в Каратау, на карбонатной платформе Янцзы Китая, в разрезе Хубсугульского месторождения МНР основная масса фосфатных строматолитов одинаково сосредоточена в нижних частях продуктивных толщ, хотя в общем фосфатные фитолиитовые образования в виде тонкополосчатых маломощных наслоев рассеяны по всему разрезу. Такое же "нижнее" положение строматолитовых фосфоритов или, по крайней мере, их преобладание в низах фосфоритоносной формации было подмечено Н.А.Красильниковой и Р.К.Пауль на площади Белкинского месторождения в Горной Шории /24/.

Отметим также, что четко выраженные (столбчатые, куполовидные) строматолитовые фосфориты ассоциируют с хард-граундами, как и с рядом других признаков мелководности порождающей их акватории; причем мелководности максимальной относительно условий, в которых формировались смежные части разреза.

Говоря о распределении фосфатных строматолитов, следует

учесть, что значительная масса их рассеяна в виде корок и пленок, не поддающихся количественному подсчету, для чего надо выработать какие-то приемы. Частоту их погоризонтальной встречаемости желательно установить.

6. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ.

РОЛЬ МИКРООРГАНИЗМОВ В ПРОЦЕССЕ ФОСФОРИТООБРАЗОВАНИЯ

Итак, строматолитовые фосфориты не уникальны. Представления об их необычности возникали вследствие редкости случаев их распознавания, узкого распространения информации о строматолитовых постройках, особенно об их стратиформных разновидностях. Теперь, после массовых находок строматолитовых фосфоритов на месторождениях микрозернистых фосфоритов в КНР и в Каратау и в связи с выявлением интракластовой природы фосфатных микрозерен, можно сказать, что именно фитолиты являются первичными формами минерализации фосфата в древние эпохи его накопления.

Наряду с такими легко опознаваемыми и наиболее характерными строматолитовыми постройками, как столбики, купола, бугры и прочие выпуклые макроформы, возникает большое количество плосконаслоенных (стратиформных) построек, а также вогнутых, замкнуто-наслоенных (ооидных) и комковатых и прежде всего микроскопических размеров. Сказанное касается не только фосфатных, но также карбонатных и кремнистых фитолитов.

Некоторые постройки, образуя характерные, например, выпуклые макроформы, микроскопически представляют собой просто слойки микрозернистого фосфорита с бестекстурным криптокристаллическим фосфатным (коллоидным) матриксом. Если не принимать во внимание форму и ассоциацию с типичными фитолитовыми образованиями, то их легко посчитать за обычные кластические накопления с хемогенным фосфатным заполнением.

Судя по перемежаемости в разрезе строматолитовых построек карбонатных, фосфатных и кремнистых элементарных наслоев, можно считать, что эти три вида материала — фосфат, карбонат и кремне-

зем — одинаково могут формировать строматолиты, итеративно участвуя в минерализации бактериально-водорослевых матов или образуя практически мономинеральные фитоолиты. Однако существует концепция, отвергающая возможность возникновения как фосфатных, так и кремнистых наслоев строматолитовых построек на границе осадка и воды, вследствие существенного отличия условий их осаждения сравнительно с условиями фиксации карбоната. Например, известно, что жизнедеятельность водорослей повышает pH в пространстве мата и это осаждаёт в нем карбонат, но кремнезему для садки необходимы более "кислые" условия или еще более щелочные. Поэтому, согласно данной концепции, фосфатные и кремнистые строматолитовые постройки и онкоолиты могут создаваться только как результат замещения первично карбонатных фитоолитов в диагенезе, т.е. после перекрытия первичной, всегда карбонатной постройки следующим слоем осадка, хотя бы и незначительным по мощности. При таком замещении полностью сохраняется первичная текстура предшествующей карбонатной постройки. Присутствие кремнистых и фосфатных фрагментов фитоолитов на одном и том же стратиграфическом уровне (в пределах очень значительной стратиграфической детальности) говорит, согласно такой концепции, не о синседиментационном размыве фосфатных фитоолитов, а о диагенетическом замещении ранее карбонатизированных наслоев, их обломков, онкоолитов и т.д. Все, что сейчас фосфатное или кремнистое, первично было карбонатным. Такая концепция, допускающая высочайшую избирательность диагенетического замещения и действительно иногда подтверждающаяся наблюдениями /см. например, 8/, является неуязвимой (гипотезой *ad hoc*) и может быть принята, при желании.

Представляется, что проще смотреть на процесс фосфатизации и окремнения, как и на процесс конкреццееобразования по органо-генным включениям: если в рыхлом осадке с высокой еще влажностью фосфат и кремнезем стягиваются в пространство включения, обогащенного органикой, то то же самое может происходить и под "живым" наслоем органического мата, где его отмершая часть играет роль "включения", богатого ОВ. Параметры среды (по части pH и др.), которые будут способствовать фосфатизации и окремнению, точно назвать вряд ли возможно. Здесь вероятен обширнейший диапазон относительных соотношений компонентов и, вследствие этого, разброс абсолютных значений конкретных локальных параметров

осаждения. Вероятно одно: замещение карбоната должно оставлять реликты. Квалифицировать же карбонатные включения в ином материале именно как реликты, да еще там, где прошла раскристаллизация, чрезвычайно трудно. Есть многочисленные примеры всевозможных переходов от чисто кальцитовых строматолитов к доломитовым и кремнистым. Не исключено, что удастся найти такие же переходы от известковых к фосфатным фитолитам.

В каратауском разрезе обращает на себя внимание обилие фосфатных интракластов на фоне большой редкости кремнистых и почти полное отсутствие чисто кремнистых оолитов и пизолитов. Можно думать, что процесс силификации водорослевых матов происходил позднее фосфатизации и, возможно, уже в фиксированной – не включающейся в бассейновый размыв – толще осадков.

В итоге пока можно только констатировать, что механизм образования фосфатных строматолитов еще не уяснен с достаточной полнотой, в этой области продолжается дискуссия и выдвижение предположений.

Говоря о вероятном времени фосфатизации, логично опираться на аналогию с замещением находящихся в осадке органических материалов – мягких частей организмов, древесины и т.п. Работами К.Мюллера /57/ показано, что фосфатизированная органика сохраняется в ископаемом состоянии мельчайшие детали первоначального строения. Например, у фосфатизированных остракод сохраняются все внешне заметные органы. Вывод один – фосфатизация органических тканей происходит немедленно или через не очень продолжительное время после отмирания, когда их скульптура еще не успела деформироваться. Пока нет ответа на вопрос, где именно возможна фосфатизация? Ведь не везде и не всегда органика фосфатизируется. Очевидно, требуется хотя бы присутствие фосфата в водах, но возможно, в несколько повышенных количествах. В какой степени повышенных? В каких именно водах – иловых или наддонных? Тоже не совсем это ясно, но можно сказать, что фосфатизация организмов с продемонстрированной К.Мюллером сохранностью деталей строения может происходить только вскоре после консервации остатка; "головы" выпуклых фосфатизируемых водорослевых построек, находящиеся над поверхностью дна, видимо, консервируются вышеслоенными элементами постройки.

Скорее всего, существо фосфатизации и окремнения – это соз-

дание органикой в занимаемом ею пространстве такой обстановки, где растворенные компоненты способны минерализоваться, заполняя место, обедненное кислородом, который был удален в процессе окисления отмершей органики. Процесс фосфатизации может происходить в пространстве, заполненном жидкостью или какой-то легко проницаемой массой (илом), а также в относительно плотной литифицированной среде, что бывает при формировании стяжений. Бактериально-водорослевые органические маты — та же пористо-проницаемая масса. Тем более, что есть сведения о способности сине-зеленых водорослей накапливать в себе фосфор до 20 % при недостатке его на предшествующей стадии /см. 68 и 25/, а известно, что "заправки" в виде некоторой локальной концентрации элемента в осадке очень часто стимулируют его дальнейшую аккрецию.

Несмотря на высокую детальность нашего изучения отложений фосфоритонесной свиты Каратау, в ней нигде не удалось обнаружить трещин усыхания на поверхностях наслоения. Однако много знаков ряби. Получается, что фосфатизация водорослевых матов происходила на небольших глубинах, но без осушений. Вместе с тем, как пишет Харди Лоуренс А. /52/, только на приливно-отливных равнинах существуют условия для формирования и сохранения слойчатых водорослевых образований. Это как будто бы противоречит отсутствию трещин усыхания, но возможно, для древних отложений все было несколько иначе; главное — это заключение о формировании слойчатых фитолитов на небольших глубинах /30/.

Образование водорослевых матов — процесс очень быстрый. Фосфатизация, ввиду обилия переотложенных фосфатных фрагментов фитолитов, скорее всего, имела место вскоре после консервации слоевищ. Непрерывный процесс фосфатизации органических матов и их разрушение на мелководье порождал постоянно действующий и обильный источник фосфатных интракластов, зерен; часть их тут же обволакивалась органической слизью, которая в свою очередь как-то фосфатизировалась. Возникающие таким образом зерна с оболочками (оолиты) вместе с оставшимися непокрытыми фрагментами фитолитов или иных фосфатизированных элементов (пеллеты, пелоиды) сносились в пониженные участки дна или следовали еще куда-либо согласно течениям, вступали в процесс детритного осадконакопления.

Заметим, что толщи карбонатных пород, имеющих строматолито-

вую текстуру, далеко не всегда являются насыщенными органикой. В ряде случаев известняки водорослевого происхождения отличаются чистотой в отношении органики, и в большинстве строматолитовые карбонатные породы имеют светлую окраску. Это происходит вследствие того, что такие строматолитовые постройки возникают преимущественно на аэрируемом мелководе, где их органический материал после отмирания быстро "сгорает" или переходит в составе интракластов в осадок, находящийся вне восстановительной обстановки.

По сравнению с карбонатами фосфат ведет себя иначе. Он предпочитает минерализовываться в пространстве биогенных построек только в восстановительной обстановке (которая может возникать и на мелководе), о чем говорит постоянная насыщенность первичных фосфатных образований органикой, всегда дающей характерный запах при раскалывании или истирании невыветрелых фосфоритов.

Таким образом, если карбонатный материал повсеместно присутствует в морской воде и извлечение его биохимическими процессами, происходящими и в окислительной среде, возможно повсеместно, то фосфатизация, как и окремнение строматолитовых построек, очевидно, может осуществляться далеко не везде. Возможно, что процесс возникновения фосфатных строматолитов принципиально близок к тому, который описан Г.И.Бушинским как выпадение фосфата из иловых вод /5/, что впоследствии было принято многими исследователями. Аналогичен процесс фосфатизации фораминиферовых илов, где полости раковин играют ту же роль, что и иловые поры; в ограниченном пространстве между зернами или внутри раковин раствор пересыщается фосфором, и идет замещение им карбонатных частей осадка /60/. Фосфатный метасоматоз карбонатных или органических элементов осадка, как и всякий метасоматоз, избирает более проницаемые направления. В этом отношении органогенные включения (обломки раковин, костей, растительные остатки, словом, всевозможный биодетрит, а также водорослевые слоевища) это своего рода "трубопроводы" для избирательного диагенетического метасоматоза и вместе с тем элиминаторы кислорода.

Фиксация фосфатов интегральной массой микроорганизмов-строматолитообразователей в древние эпохи являлась начальной стадией процесса формирования фосфоритов. В некоторых районах образо-

вание водорослевых биостромов захватывало большие площади в виде полос, например в Хубсугульском бассейне. В отличие от таких фосфоритоносных бассейнов, как Каратау, Джорджина, Янцзы, в Хубсугульском возникающие стратиформные фосфатные строматолиты не разрушались волнениями. Пакеты фитолитовых наслоений преобразовывались в основном лишь диагенетическими процессами, с очень незначительной механической переработкой. Только в южной части фосфоритоносной полосы Прихубсугулья (месторождение Бурэнхан) можно в большом количестве встретить обломочный и окатанный фосфатный материал вместе с терригенным (кварц). Примечательно, что тенденция в сторону обмеления к району Бурэнханского месторождения подчеркивается и тем, что в надфосфоритовых слоях, а возможно и в межфосфоритовых (?), здесь присутствует рифоидная археоциатовая фауна, в то же время во всем разрезе как фосфоритоносных отложений, так и в надфосфоритовых слоях Хубсугульской группы месторождений рифогенные элементы отсутствуют.

Фитолитовые фосфориты Алтае-Саянской области тоже лишь в редких случаях носят признаки переотложения, как правило, незначительного – в виде накоплений интракластов гравелитовой размерности. В отличие от Хубсугульской группы месторождений фосфатные биостромы здесь не выдержаны, но тоже большей частью сохранялись от размыва.

Очень важно, что в отложениях и Алтае-Саянского, и Хубсугульского фосфоритоносных бассейнов, представляющих в палеотектоническом смысле мелководные карбонатные платформы шельфа, на продуктивных уровнях не отмечается четких признаков близости береговой линии. В Каратау же близость суши, располагавшейся юго-западнее полосы выходов фосфоритоносной формации, прослеживается довольно уверенно /12, с.154-155/. На начальной стадии развития бассейна и по его периферии здесь фиксируются следы значительной подвижности вод, интенсивной близобереговой деятельности течений и волноприбойных колебаний /12, с.145-149/. К.Т.Табылдиевым и Л.Ф.Чербяновой /33/, В.Н.Холодовым /35/, А.М.Тушиной и др. /34/ на основе сравнительных литологических исследований фосфоритоносной формации Каратауского бассейна составлены литолого-палеогеографические схемы для ее времени. Все эти построения сходным образом показали существование п р и б р е ж н ы х отмелей в юго-восточной части бассейна и относительного прогиба в северо-

западной, куда сносился детритный материал. По Л.Ф.Чербяновой /37/, в качестве первичного фосфатного материала, осаждавшегося химически, принимаются криптозернистые фосфориты, которые затем, механически разрушаясь, перемалываясь, давали зернистый фосфатный материал, накапливающийся слоями по пути течений. Теперь можно сказать, что эти исходные слои криптозернистых фосфоритов скорее всего были стратиформными (а в наиболее мелких зонах и выпуклыми) фосфатными строматолитовыми постройками. Их размыв и давал основную массу фосфатных пеллет и прочих интракластов. Следует предположить, и это подтверждается в ряде контрольных случаев, что стратиформные фосфатные строматолиты ранее описывались как "колломорфные фосфатные слои", "криптозернистые фосфориты", "скрытокристаллические фосфориты с ленточной текстурой", "фосфориты неяснозернистые" и т.п. Л.Ф.Чербяновой /37/ отмечено, что накопление "колломорфного" фосфатного осадка происходило в пределах всего бассейна, независимо от глубины. Учитывая, что именно наиболее мелководные зоны видимой сейчас части бассейна содержат максимальное количество фосфатных и нефосфатных строматолитовых построек и вместе с тем максимально насыщены крупными и/или неокатанными интракластами фосфатных слоевищ, можно полагать, что основным генератором и поставщиком фосфатных зерен являлись именно эти мелководные зоны с периодическими размывами осадков. Эффективность действия такого "фосфатного механизма", по выражению С.Ритгса /29/, требовала, думается, только времени и поддержания некоторого нормального (вовсе не обязательно высокого) уровня содержания фосфата в водах. Накопление разрушенных и переотложенных продуктов дезинтеграции фосфатизированных органических построек и приводит к образованию микрозернистых фосфоритов, представляющих собой "фитолитовые" пески и алевроиты, отлагавшиеся вокруг мелководных зон интенсивного строматолитообразования. Фосфатное оолитообразование и формирование тонких корок-пленок фосфата имело гораздо больший ареал распространения и большие глубины формирования. Однако вклад тонких фосфатных построек в общую массу минерализованного фосфата скорее всего был незначительным, вследствие незначительности их размывов и быстрого захоронения под механически накапливающимся осадком. Основной вклад в наращивание фосфоритовых залежей Каратау, видимо, давали интракласты от непрерывно возникавших и разрушавшихся

биогермов и биостромов мелководья и оолитовые оболочки на интра-кластах.



Подведем итоги. Идея о решающей роли жизнедеятельности организмов для фосфоритообразования появилась еще в прошлом веке в качестве "биолитной гипотезы" /см.5, с.167/. Впоследствии идеи А.В.Казакова, как было отмечено в самом начале, оказали большое влияние на ход исследовательской мысли, стимулировав уклон в сторону существенно хемогенной концепции осаждения фосфатов в морских бассейнах, несмотря на параллельно развивавшуюся биохимическую гипотезу (Г.И.Бушинский) /5/, придающую решающее значение диагенезу осадков. Поэтому вначале выявляемым "пластовым" полосчатым криптозернистым (афанитовым) фосфоритам, вследствие того, что они казались очень однородными, нередко приписывалось хемогенное происхождение. Расхождения возникали лишь по вопросам исходного источника фосфора (? океанический, ? континентальный, ? вулканический); по вопросам роли вод-осадителей и их характера; по конкретизации механизма перевода фосфата из растворенной в твердую фазу.

Однако уже в середине 70-х годов стали появляться высказывания о том, что древние "первичные" полосчатые и линзовидно-полосчатые фосфориты, состоящие из мономинеральной фосфатной массы, чередующиеся с близкими по форме и размерам бесфосфатными (карбонатными или кремнистыми) слоями, "не обязательно могут быть продуктами хемоседиментации", а могут возникать и в результате органогенного фосфатонакопления /40/. Этому предшествовали публикации, в которых улавливались косвенные связи фосфатонакопления с водорослевыми образованиями, строматолитовыми "рифами" /4/. Если вначале в каратауском разрезе строматолиты (карбонатные) видели только в НД и ЖМГ, то теперь удалось установить, что первично строматолитовыми являются почти все карбонатные и крем-

нистые образования фосфоритонесной формации Каратау. А еще ранее возникло представление о том, что поставщиком зернистого фосфатного материала были слои криптозернистых фосфоритов /33, с.94/. Следовало точнее выяснить, что собой представляют последние. Термин "интракласты" у нас тогда еще почти не применялся.

Одновременно в Китае утвердился взгляд на фосфатные зерна синийских и нижнекембрийских месторождений как на бассейновые интракласты /27/. В аналитическом резюме по проблемам "фосфатной геологии", обсуждавшимся на XXVII сессии МГК Э.Л.Школьников /39/, обращено внимание на то, что "седиментологических подтверждений химического осаждения фосфата практически не приводилось" (с.110). В отношении же афанитовых слоистых фосфоритов Саяно-Хубсугульского и других бассейнов, — пишет Э.Л.Школьник, — "нельзя безоговорочно согласиться с утверждением, что они образовались в результате химической садки" (с.110). Подобная точка зрения более развернуто изложена в /41/, где обосновывается осадочно-диагенетическое происхождение афанитовых фосфоритов Харанурского месторождения (северная окраина ХФБ): путем замещения обогащенного органикой (водорослевой, например) ила.

Теперь можно сказать, что мы вплотную подошли к идее об исключительно диагенетическом характере механизма первичной фиксации фосфатов в донных образованиях и интракластовой природе непокрытых фосфатных зерен. Оставалось только распознать строматолитовую сущность слоистых криптозернистых фосфоритов. Это и сделано в данной работе на основании сравнений микроструктур и микротекстур афанитовых фосфатных слоев и пеллет, а также сравнения форм залегания афанитовых фосфатных слоев и слоев высококачественных зернистых фосфоритов (с афанитовым фосфатным цементом) с аналогичными характеристиками из типовых строматолитовых фосфатных построек. С помощью СЭМ в образцах из микросфосфоритов НД и КШС Каратау выявлены фосфатизированные органические остатки, сходные с водорослями (см. табл.1, фиг.2,3).

Ряд последних работ по детальному изучению фосфатных зерен различных месторождений /13,50,65,67/ показал, что фосфат оолитовых оболочек пеллет и их ядер развивается по органической массе отмерших микроорганизмов. Ж.Лука и Л.Превс /26/ экспериментально показали, что фосфатные образования возникают (с замещением карбонатных остатков организмов) очень быстро при какой-то,

пока еще неясной, стимуляции этого процесса участием бактерий. П.Саутгейт, осуществивший специальное изучение криптокристаллических фосфатных корок — фоскретов /67/, выявил обволакивание выпадающим фосфатным микритом трубчатых микроэлементов (нитей) организмов, живущих на поверхности и в интерстициях горных пород и осадков. Предполагается, что такой процесс аккреции становится возможным при участии бактерий, поселяющихся на отмерших, но еще не разрушенных филаментах. Кайе был первым, — пишет П.Саутгейт, — кто еще в 1936 г. заметил взаимоотношения между бактериями и фосфоритами в отложениях всех возрастов. Добавим, что гипотеза о связи фосфатоосаждения с бактериями впоследствии, однако, воспринималась некоторыми скептически, вследствие неясности существования такого биохимического процесса и подозрения, что здесь причины и следствия поменены местами; в числе таких был и автор данной работы /10, с.157/.

Естественно, возникают новые вопросы и новые предметы исследований. В частности, вопрос о тех условиях, в которых вместо обычных карбонатных слоев по органическим покровам развивается фосфатная минерализация, если фосфатные постройки не есть продукт замещения всегда первично-карбонатных строматолитов. П.Саутгейтом /67/ высказана мысль о двойственной роли органического материала при фосфатоосаждении: 1) как агента транспортировки фосфата на дно бассейна, в илы; 2) как субстрата-осадителя.

Как бы ни было, фосфатизация строматолитовых построек, характеризующих именно очень мелководные зоны осадконакопления, говорит о неприхотливости этого процесса по отношению к насыщенности вод фосфором, что снимает множество вопросов. Фосфор, конечно же, присутствовал в водах, где формировались фитолиды, иначе покровы сине-зеленых водорослей, прикрепляющиеся ко дну организмы, не могли бы возникать. Образование фитолидов — это процесс, в котором в древние эпохи участвовали огромные массы организмы и организмы-строматолитообразователи были почти единственными потребителями фосфора в морях.

Естественно, что распределение фосфата и кремнезема в этой мелководно-фотической области со значительной подвижностью вод было весьма прихотливым, меняющимся со временем, где периодичность и хаотичность накладывались друг на друга. Отсюда и сложность распределения фосфатных и иного состава строматолитов как

исходя из морфологии построек, так и по их структуре. Тем не менее, вышеприведенные регулярности, а также модели, описанные в /55/, показывают, что на каком-то уровне описания в распределении фосфатных фитолитов и их механических дериватов возможно выявление закономерностей и построение схем упорядочения.

Э.Л.Школьником (личное сообщение) подмечена регулярность такого вида: фосфатные органогенные образования (различные строматолиты, конкреции, включения), всегда обогащенные ОВ, находятся обычно на фоне в той или иной мере обедненной органикой среды; их возникновение требует контрастности по содержанию ОВ фосфатизируемых и нефосфатизируемых частей отложений; в однородной же по содержанию ОВ среде, даже если это высокое содержание, существенные концентрации фосфата не возникают.

Предстоит интересная и плодотворная работа по детальному исследованию фосфоритов, по их классифицированию – теперь уже с учетом тонкостей характера элементарных составляющих на предмет поиска упорядоченности в распределении классов, что позволит выявить и по-новому обосновать многие детали механизма фосфоритообразования. Дальнейшее изучение макро- и микротекстур различных классов фосфатных и кремнистых строматолитовых (в общем случае – фитолитовых) построек и, главное, их количественных соотношений, наверное, позволит лучше понять причины пространственной специализации их состава (фосфатного, кремнистого, карбонатного), глубже раскрыть природу древнего кремне- и фосфатонакопления, а также накопления некоторых других стратиформных залежей и стяжений осадочных рудных минералов.

В заключение считаю своим приятным долгом поблагодарить за помощь советами и за критическое обсуждение данной работы, что помогло её существенной проработке и, надеюсь, улучшению, коллег: Ахлудалия А.Д., Заяина Ю.Н., Георгиевского А.Ф., Комара В.А., Пауль Р.К., Раабен М.Е., Семикатова М.А., Советова Ю.К., Хабарова Е.М., Чоудхури Р., Шенфиля В.Ю., Школьника Э.Л., Яшкина М.С.

Необходимо также выразить большую признательность организации проекта I56 "Фосфориты" Международной программы геологической корреляции, без которого выполнение представленной работы не было бы возможным.

ABSTRACT

Stromatolitic phosphorites (Late Precambrian) were established at first in Gornaya Shoria (Siberia) in 1958 and later discovered in India, China, Australia and other regions. Stromatolitic phosphorites discovered in Lower Cambrian phosphorite formation of Karatau basin (Kazakhstan), are described in this paper. The study of typical of them (domelike and columnar) allowed to identify phosphate stromatolites in the other portions of the formation. Here developed are sheet-like stratiform types of stromatolitic phosphorites, phosphate algal laminates and intraclasts of these buildups. Flat-laminated phosphatic stratiform stromatolites (pellicles, crusts) "penetrate" through "microgranular" phosphorites. The phosphate cortexes of oolites are spherical fitolitic varieties (oncolites). And the structure of oolite cores and coatless pellets often is identical to that of typical stromatolitic laminae.

Now we may believe that Karatau microgranular phosphorites appeared owing to the action of microsphorite-intraclast mechanism. The main part of these masses of oolite-pelletal phosphorites formed around shallow-water zones in the basin, where stromatolitic buildups (bioherms and biostromes) grew actively and were destroyed after phosphatization continuously and quickly. In other words, "microgranular" phosphorite of Karatau basin is "stromatolitic sand".

Comparative examination of Siberian and Mongolian ancient "bedded" microsphorites shows that all of them are stratiform phosphatic stromatolites too or their intraclasts. Chert horizons associating with these phosphorites of Karatau, Siberia and Mongolia are of similar origin: they appeared by means of silification of algal mats. Probably, phosphatization of algal frameworks is a universal way for phosphorite deposition in ancient epochs, when cianobacterial biomass of the sea basins prevailed.

In younger epochs the role of mineralizer agents passed to other groups of organisms (or organisms' remains), but the principles of fixation of phosphates - by means of influence of the organic matter - have been retained.

The author gives his thanks to the organization of the Project "Phosphorites" IGCP, without the help of which the given work would not be possible.

ЛИТЕРАТУРА

1. Банерджи Д.М., Басу П.К., Сривастава Н. Петрология, минералогия, геохимия и генезис Араваллийских докембрийских фосфоритовых месторождений в Удайпуре и Джхабуа, Индия // Геология месторождений фосфоритов. М., 1983. С.223-258.
2. Батурун Г.Н. Фосфориты на дне океанов. М.: Наука, 1978. 232 с.
3. Бродская Н.Г. Роль вулканизма в образовании фосфоритов. М.: Наука, 1974. 200 с.
4. Бродская Н.Г., Холодов В.Н. О возможности рифогенного происхождения доломитов фосфоритонесной толщи Малого Каратау // Докл. АН СССР. 1965. Т.165, № 6. С.1365-1368.
5. Бушинский Г.В. Древние фосфориты Азии и их генезис. М.: Наука, 1966. 226 с.
6. Воронова Л.Г. Кембрийско-ордовикские водорослевые постройки Малого Каратау и их сравнение с кембрийскими органогенными постройками Алтае-Саянской складчатой области // Кембрий Алтае-Саянской складчатой области. М., 1980. С.172-174.
7. Гиммельфарб Б.М., Тушина А.М., Смирнов А.И., Маймистрова Р.И. Геологическое строение и типы руд фосфоритового месторождения Джань-Тас // Геология месторождений фосфоритов. М., 1962. С.71-131.
8. Гуревич Б.Г., Георгиевский А.Ф. Диагенез как рудообразующий фактор при формировании фосфоритов на примере Ухагольского месторождения (Восточный Саян) // Бюл. МОИП. Отд. геол. 1977. Вып.6. С.151-152.
9. Еганов Э.А. Геосинклинальные фосфориты Сибири и Дальнего Востока. М.: Наука, 1968. 228 с.
10. Еганов Э.А. Проблемы образования и размещения пластовых фосфоритов. Новосибирск: Наука, 1974. 183 с.
11. Еганов Э.А. Структура комплексов фосфоритонесных отложений. Новосибирск: Наука, 1983. 136 с.
12. Еганов Э.А., Советов Ю.К. Каратау - модель региона фосфоритонакопления. Новосибирск: Наука, 1979. 187 с.
13. Занин Ю.Н., Горленко В.М., Миртов Ю.В. и др. Бактериоморфные образования в желваковых и зернистых фосфоритах // Геол. и геофиз. 1987. № 2. С.43-49.

14. Ильин А.В. Хубсугульский фосфоритоносный бассейн. М.: Наука, 1973. 168 с.
15. Ильин А.В. О так называемых геосинклинальных или пластовых фосфоритах // Бюл. МОИП. Отд. геол. 1984. Вып.4. С.112-127.
16. Ильин А.В. Ратникова Г.И. О фосфоритах Хубсугульского бассейна в Монголии // Литология и полез. ископаемые. 1971. № 1. С.63-75.
17. Ильин А.В., Ратникова Г.И., Сергеева Н.Е. О петрографических типах пластовых фосфоритов и их микроструктуре // Литология и полез. ископаемые. 1975. № 1. С.108-119.
18. Ильин А.В., Яншин А.Л. IV Международная конференция по фосфоритам // Литология и полез. ископаемые. 1982. № 3. С.125-127.
19. Казаков А.В. Фосфатные фации. Л., 1939. 108 с. (Тр/ Научно-исслед. ин-та по удобрениям и инсектофунгисидам; Вып.145).
20. Карбонатные породы. Генезис, распространение, классификация / Ред. Дж.Чилингар и др. М.: Мир, 1970. Т.1. 396 с.
21. Комар В.А. Строматолиты верхнедокембрийских отложений Севера Сибирской платформы и их стратиграфическое значение. М.: Наука, 1966. 122 с.
22. Красильникова Н.А., Гуревич Б.Г., Блисковский В.З. и др. Фосфориты Алтае-Саянской области // Литология и полез. ископаемые. 1965. № 4. С.161-181.
23. Красильникова Н.А., Гуревич Б.Г., Шмелькова Ю.Ф. и др. Фосфоритоносность древних отложений Алтае-Саянской складчатой области. М., 1968. 152 с. (Тр/ Гос. НИИ горнохим. сырья; Вып.12).
24. Красильникова Н.А., Пауль Р.К. Строматолитовые фосфориты Горной Шории // Геол. и геофиз. 1983. № 1. С.63-68.
25. Лучинина В.А. Кембрийские водорослевые постройки и фосфоритогенез // Фанерозойские рифы и кораллы СССР. М., 1986. С.211-215.
26. Лука Ж., Прево Л. Синтез апатита. К вопросу о новой модели генезиса осадочных фосфоритов // 27-й Междунар. геол. конгр.: Доклады. Секц. С.15. М., 1984. Т.15. Неметаллические полезные ископаемые. С.59-68.
27. Льянзун Э. Закономерности размещения фосфоритовых месторождений Китая // Там же. С.68-75.

28. Маслов В.П. Ископаемые известковые водоросли СССР. М.: Изд-во АН СССР, 1956. 302 с.
29. Ритгс С.Р. Фосфоритовая седиментация на Флориде - модель фосфогенной системы // Геология месторождений фосфоритов. М., 1983. С.85-141.
30. Серебряков С.Н. Особенности формирования и размещения рифейских строматолитов Сибири. М.: Наука, 1975. 176 с.
31. Смирнов А.И., Тушина А.М. Вещественный состав и генезис фосфоритов месторождения Ак-Сай // Геология месторождений фосфоритов. М., 1962. С.41-70.
32. Спандерашвили Г.И. Фосфориты Горной Шории // Фосфориты Западной Сибири. М., 1965. С.14-55.
33. Табылдиев К.Т., Чербянова Л.Ф. Фациальные условия осадконакопления фосфоритонесной толщи Каратауского бассейна // Литология фосфоритонесных отложений. М., 1976. С.76-97.
34. Тушина А.М., Усанова В.Г., Маймистрова Р.И. Литология и фации фосфоритонесных отложений Малого Каратау // Фосфориты Каратау. М., 1962. С.125-186.
35. Холодов В.Н. Осадочный рудогенез и металлогения ванадия. М.: Наука, 1973. 262 с.
36. Холодов В.Н., Корякин А.С. К вопросу о происхождении фосфатных конгломерато-брекчий Малого Каратау // Докл. АН СССР. 1960. Т.135, № 2. С.410-413.
37. Чербянова Л.Ф. Литологические особенности и условия формирования фосфоритонесной толщи хр.Малого Каратау: Автореф. дис. ... канд.геол.-мин.наук. Алма-Ата, 1977. 22 с.
38. Шатский Н.С. Фосфоритонесные формации и классификация фосфоритовых залежей // Избр. труды. Т.Ш. М., 1965. С.52-143.
39. Школьник Э.Л. Проблемы фосфоритов на XXVII сессии Международного геологического конгресса (аналитический обзор) // Тихоокеан. геология. 1985. № 2. С.109-112.
40. Школьник Э.Л., Антипенко В.Г. О первичных фосфоритах Удско-Шантарского бассейна // Геол. и геофиз. 1976. № 3. С.132-136.
41. Школьник Э.Л., Ничипуренко О.И., Киенко Л.А. К вопросу о типах и разновидностях фосфоритовых руд Харанурского месторождения // Геол. и геофиз. 1986. № 11. С.135-140.
42. Ahluwalia A.D. A synoptic view of the palaeontology and petrography of the Tal phosphorite of Mussoorie Garhwal Hima-

- laya, India, with special reference to microcoprolloid particles // Symposium of 5-th Intern. field workshop and seminar on phosphorite. Vol.1. Beijing, Geol. Publ. House, 1984. P.223-225.
43. Ames L.L. The genesis of carbonate apatite // Econ. Geol., 1959. Vol.54, N 5. P.829-841.
44. Banerjee D.M. Study of primary layer properties in the Precambrian phosphorite depositional basins of India // Proterozoic-Cambrian Phosphorites. Eds. Cook. P.J. & Schergold J.H. Canberra, 1979. P.34-35.
45. Bashayal R.P. Stromatolitic phosphorite occurrences in the Lesser Himalaya of far Western Nepal // Phosphorite. Spec. publ. Geol. Surv. of India, 1984. N 17. P.197-206.
46. Bhattacharya A.K. and Sengupta H.P. Depositional environment of phosphate associated with cherty stromatolitic dolostone of the Dhari member (Gangolihat Dolomite Formation) Pithoragarh district, Uttar Pradesh // Phosphorite. Spec. publ. Geol. Surv. of India. 1984. N 17. P.159-172.
47. Chauhan D.S., Sisodia M.S. Nature of Udaipur phosphorite and its genetic implications // Phosphorite. Spec. publ. Geol. Surv. of India. 1984. N 17. P.79-104.
48. Cressman E.R. and Swanson R.W. Stratigraphy and petrology of the Permian rocks of Southwestern Montana // Geol. surv. prof. paper, 313-C, 1964. 569 p.
49. D'Anglejan B. Phosphate diagenesis of carbonate sediments as a mode of in situ formation of marine phosphorites: observations in a core from the eastern Pacific // Canad. Journ. Earth Sci. 1968. Vol.5, N 1.
50. Dahanayake K. and Krumbein W.E. Ultrastructure of a microbial mat-generated phosphorite // Mineralium Deposita. 1985. Vol.20. P.260-265.
51. Emigh G.D. Petrography, mineralogy and origin of phosphate pellets in the Phosphoria formation // Idaho Bureau of Mines and Geology: Pamphlet N 14. Moscow-Idaho, 1958. 60 p.
52. Hardie Lawrence A. Carbonate tidalflat deposition: ten basic elements // Quart. Colo Sch. Mines. 1986. Vol.81, N 1. P.3-6.
53. Krasil'nikova N.A., Paul R.K. Stromatolitic phosphorites of the Gornaya Shoria region, USSR // Phosphorite. Spec. publ. Geol. Surv of India. 1984. N 17. P.191-196.

54. Liu Kuiwu. Mineralogy and petrology of Weng'an phosphorite, Guizhou // Symposium of 5-th Intern. field workshop and seminar on phosphorite. Vol.1, Beijing, Geol.Publ.House, 1984. P.330-348.

55. Meng Xianghua, Li Jianhua, Liang Chuanmao, Shan Man-sheng, Liu Zhiying. Analysis of Upper Sinian to Lower Cambrian phosphatic sequences in Eastern China and the sedimentation models for phosphorite accumulation // Ibid. Vol.2. P.23-51.

56. Muktinath, Sant V.N. Occurrence of algal phosphorite in the Precambrian rocks of Rajasthan // Current Sci. (India).1967. Vol.36. P.638.

57. Müller Klaus F. Further observations on the phosphatization of fossils // Symposium of 5-th Intern.field workshop and seminar of phosphorite. Vol.1. Beijing, Geol. Publ. House, 1984, P.219-220.

58. Patwardhan A.M. New data on the Mussoorie phosphorites, Lower Himalaya // Proterozoic-Cambrian phosphorites. Eds.Cook P.J. & Shergold J.H. Canberra, 1979. P.43-44.

59. Patwardhan A.M., Panchal P.K. Some textural features of Mussoorie phosphorites // Phosphorite. Spec.publ. Geol.Surv. of India. - 1984. N 17. P.147-158.

60. Pietzner Horst, Richter Gottard. Rezente Phosphoritbildung im auftriebsgebiet vor der NW-afrikanischen Küste // Senckenberg. marit. 1986. Bd.17, N 4-6. P.333-377. (ПЖ. Геология. 1987. 2А141).

61. Rouchy J.M., Monty Cl. Stromatolites and cryptalgal laminites associated with Messinian gypsum of Cyprus // Phanerozoic stromatolites. Case histories / Ed. by Claude Monty. Berlin, Heidelberg, New-York, 1981. P.155-180.

62. Sant V.N. Precambrian phosphorite of Rajasthan, India: a case history // Proterozoic-Cambrian phosphorites. Eds. Cook P.F. & Shergold F.H. Canberra, 1979. P.39-40.

63. Semikhatov M.A., Gebelein C.D., Preston Cloud, Awramik S.M., and Benmore W.C. Stromatolite morphogenesis - progress and problems // Canad. Journ. of Earth Sci. 1979. Vol.16, N 5. P.992-1015.

64. Sheldon R.P. Dynamics of Development of Fertilizer Mineral Resources // Proceedings Fert. Row Conference, Honolulu,

Hawaii, 1979. Honolulu: East West Centre, Hawaii Resource System Institute. P.13-22.

65. Soudry D. and Shampetier Iv. Microbial processes in the phosphorite of Negev // Sedimentology, 1983. V.30, N 3. P.411-424.

66. Southgate P.N. Cambrian stromatolitic phosphorites from the Georgina Basin, Australia//Nature, 1980. Vol.285, N 5764. P.395-397.

67. Southgate P.N. Cambrian phosphorete profiles, coated grains, and microbial processes in phosphogenesis: Georgina basin, Australia//Journ. of Sedimen. Petrol. 1986. Vol.56, N 3, P.429-441.

68. Southgate P.N. Proterozoic and Cambrian phosphorites - specialist studies: Middle Cambrian phosphatic hardgrounds, phosphorete profiles and stromatolites and their implication for phosphogenesis // Phosphate deposits of the world / Eds. Cook P.F. & Shergold F.H. Cambridge university press. 1986. Vol.1. P.327-351.

69. Valdiya K.S. Origin of phosphorite of the Late Precambrian Gangolihat Dolomites of Pithoragarh, Kumaun Himalya, India // Sedimentology. 1972. Vol.19, N 1/2, P.115-128.

70. Verma K.K. Biogenic concept for the origin of stromatolitic Precambrian phosphorites of Western and Central India // Phosphorite. Spec. publ. Geol. surv. of India. 1984. N 17. P.41-46.

71. Zhang Guolian, Bai Hongyi. Early Cambrian phosphorites in South China // Symposium of 5-th Intern. field workshop and seminar on phosphorite. Vol.1, Beijing, Geol. Publ. House, 1984. P.53-74.

72. Zhao Zhongwei. The sedimentary facies and genetic mechanism of the Dougshanfeng phosphate mine // Ibid. Vol.2. P.111-122.

73. Zhou Maoji, Shen Zhangqi, Zhu Shixing. Sinian phosphatic stromatolites in South China //Ibid. Vol.1. P.136-137.

74. Zhu Shixing, Wang Yangeng. Phosphatic stromatolites in Kaiyang phosphorite deposits, Guizhou, China //Ibid. Vol.1. P.153-164.

75. Zhu Shixing, Wang Yangeng, Zhang Lin. Formation of the Kaiyang phosphorites in China as related to ancient microorganisms // Ibid. Vol.1. P.191-208.

**ФОТОТАБЛИЦЫ
И ОБЪЯСНЕНИЯ К НИМ**

Т а б л и ц а I

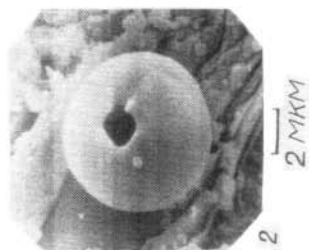
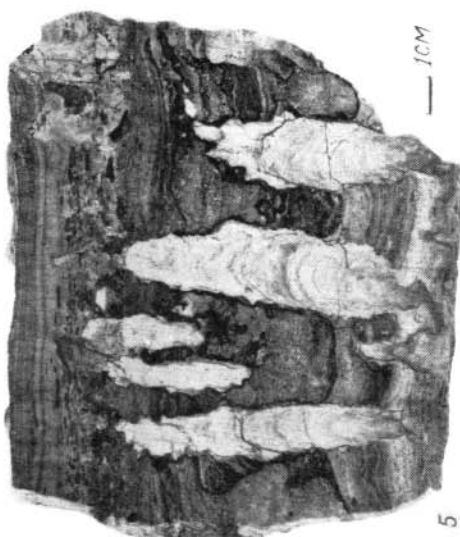
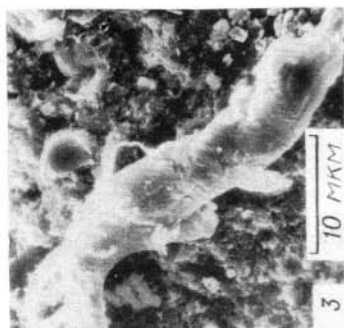
Фиг.1. Седиментационная брекчия из доломитового пласта в кыршабактинской свите (ниже НД) на месторождении Джаньтас. Светлое — доломит, черное — фрагменты афанитовых фосфатных строматолитовых слоев. Срез образца.

Фиг.2. Фосфатизированный органический остаток глобулярной формы на сколе афанитового фосфорита, показанного на фиг.1. СЭМ.

Фиг.3. Фосфатизированный органический остаток из слоев черного афанитового фосфорита в доломите КШС на месторождении Аксай; тот же горизонт, откуда взят образец, показанный на фиг.1. СЭМ.

Фиг.4. Шлиф через кремнисто-фосфатную купольную строматолитовую постройку, окруженную обломками таких же построек и фосфатными зернами в кремнистом цементе. Слойки купола — тонковолокнисто-наслоенный бесструктурный фосфат, обильно насыщенный кремневыми спикулами. Месторождение Тьесай, НД. х 2, николи II.

Фиг.5. Столбчатые и полосчато-стратиформные кремнисто-фосфатные строматолиты с микрозернистым фосфоритом между столбиками. Светлые столбики состоят из ламин тонкокристаллического апатита, перемежающимися с ламинами из кремнистого спонголита. Горизонтальные слоевища фосфатные. Месторождение Джетымтал, НФ. Срез образца.



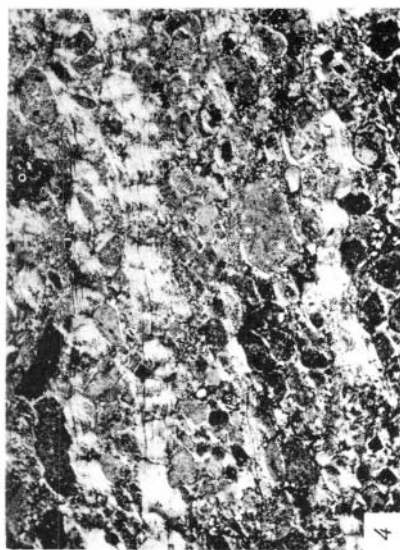
Т а б л и ц а 2

Фиг.1. Наслои скрытокристаллического фосфата (темное), перемежающиеся со слойками-присыпками фосфатных зерен в фосфатно-карбонатном цементе. Шлиф из межкупольного пространства образца, показанного на фиг.5, табл.1. х 25, николи X.

Фиг.2. Шлиф из образца, показанного на фиг.5, табл.1; участок через боковую часть столбика строматолита (слева) и межстолбчатые горизонтальные слойки (поперечные мостики). Слойки сложены тончайшенаслоенным тонкокристаллическим апатитом, не отличааясь от оболочек фосфатных оолитов. х 10, николи II.

Фиг.3. Этот же шлиф, участок через среднюю часть столбика строматолита (см. фиг.5, табл.1). Чередуются слойки из тонкокристаллического апатита (светлое) и из афанитового фосфата (темное) с обильной примесью кремневых спикул. х 25, николи II.

Фиг.4. Шлиф через фосфатные горизонтально наслоенные корки-слойки в пеллетном фосфорите. Пеллеты имеют раскристаллизованную апатитовую оторочку и являются обломками афанитовых фосфатных микронаслоев строматолитовых построек. Месторождение Джилан, НФ. х 10, николи X.



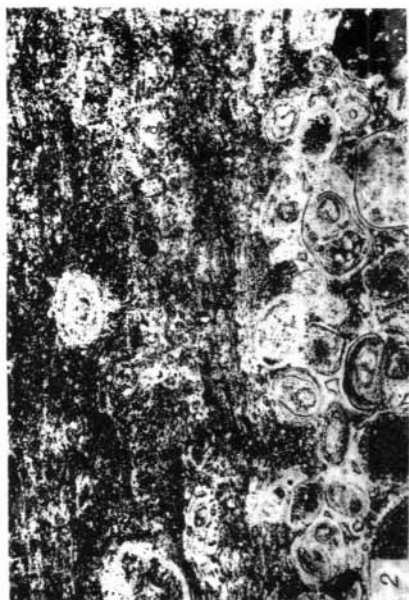
Т а б л и ц а 3

Фиг.1. Шлиф через стратиформную фосфатную микростроматолитовую постройку с включениями фосфатных оолитов и пеллет, кремневых спикул. Тонкокристаллические фосфатные микрослойки надстраивают оболочки фосфатных оолитов, являясь их стратиформным продолжением (стрелки). Месторождение Тьесай, НФ. х 20, николи II.

Фиг.2. То же, что и на фиг.1: микростроматолитовые фосфатные корки-слойки с включениями фосфатных оолитов и пеллет. Месторождение Тьесай, нижний интервал ВФ. х 30, николи II.

Фиг.3. Негативное фото шлифа из НФ месторождения Джетымтал. Фосфатные строматолитовые покровы (темные тонкополосчатые) чередуются с механически накопленным материалом - пизолитами и оолитами с фосфатными или карбонатными ядрами, с "полостями" (светлое), заполненными ожелезненным карбонатом. х 2, николи II.

Фиг.4. Позитивное фото участка этого же шлифа (см. рамку на фиг.3). Хорошо видно строение фосфатных корок-слойков (темное). Черное - ожелезненный карбонат. х 10, николи II.



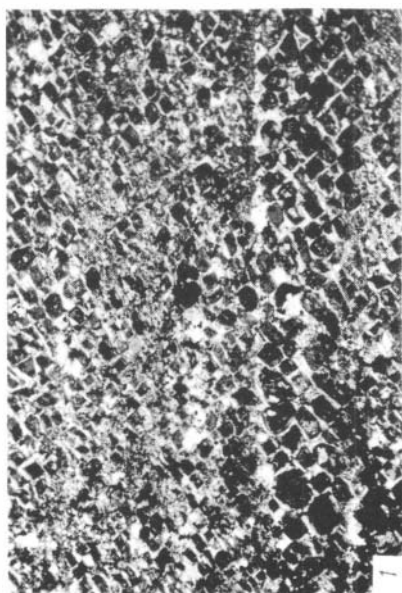
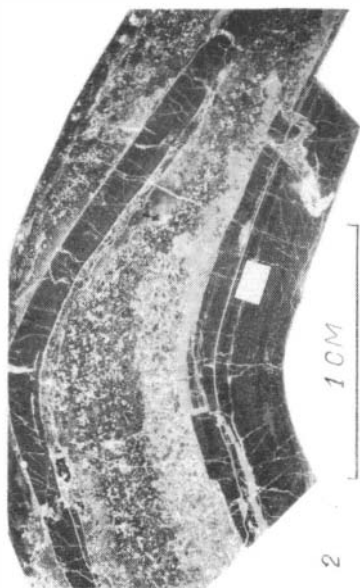
Т а б л и ц а 4

Фиг.1. Шлиф из фосфорита со строматолитовой текстурой (см. рис.5 в тексте). Заметны послойные "просечки" тонкокристаллических фосфатных пленок (светлое). х 30, николи II.

Фиг.2. Негативное фото шлифа того же образца, что и на фиг.1 – участок с более ярко выраженным биогермным расположением тонкокристаллических тончайшенаслоенных фосфатных корок-наслоев (темное). Между ними – карбонатизированный кремнистый спонголит (более светлое). Николи II.

Фиг.3. Позитивное микрофото части фосфатной корки-наслоя в шлифе; участок, показанный белым прямоугольником на фиг.2. Видно, что корки имеют микростроматолитовое – микростолбчато-купольное строение. х 40, николи II.

Фиг.4. Участок шлифа из линзослоя черного афанитового фосфорита I,5 см толщины в глауконит-полевошпатово-кварцевом песчанике КШС. Аксайская лощина, у р.Шабакты. Видна микроплойчатая водорослевая текстура фосфата (темное), включающего песчинки кварца и полевого шпата, крупные интракласты осветленного фосфата (белое). х 40, николи II.



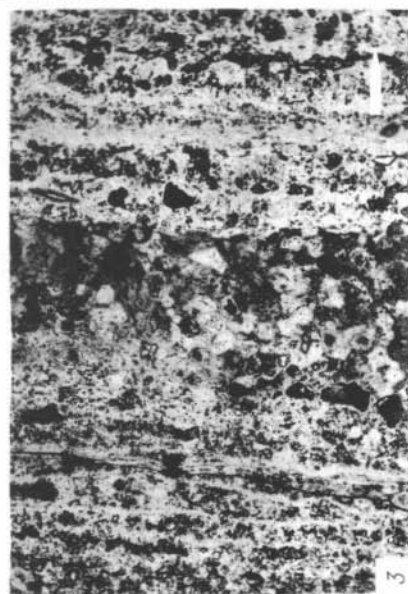
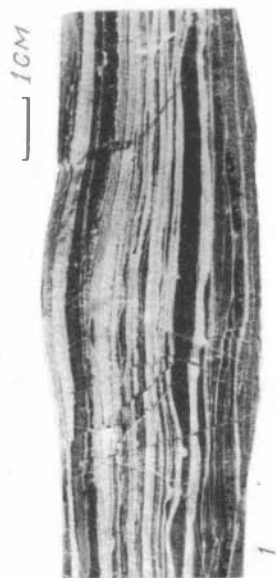
Т а б л и ц а 5

Фиг.1. Срез образца фосфатного аптал-ламинита из верхов НФ месторождения Тьесай. Светлое – тонкокристаллические фосфатные корки-наслои; темное – механически нанесенные слои микрзернистого фосфорита.

Фиг.2. Негативное фото шлифа из этого образца. Тонкие темные линии – корки-наслои из тонкокристаллического фосфата, связывающие микрзернистый фосфорит. х 2, николи II.

Фиг.3. Позитивное фото участка этого же шлифа. Корки-наслои тонкокристаллического апатита (относительно светлое), чередующиеся с микрзернистым фосфоритом. х 15, николи II.

Фиг.4. Шлиф из аналогичного водорослевого сплошь фосфатного слоя тонкой плейчато-волокнистой текстуры с включениями мелких фосфатных пеллет, огибаемых ламинами. Месторождение Актас, НФ. Николи II.



Т а б л и ц а 6

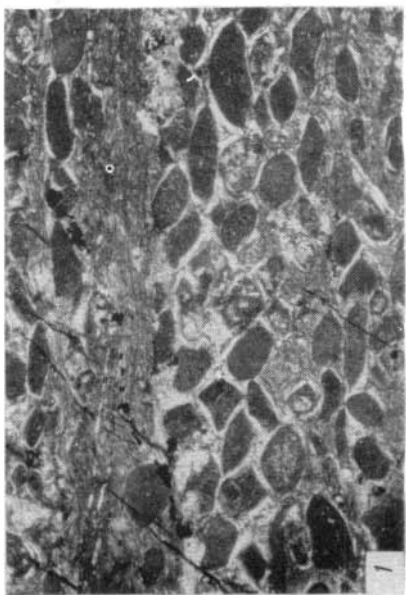
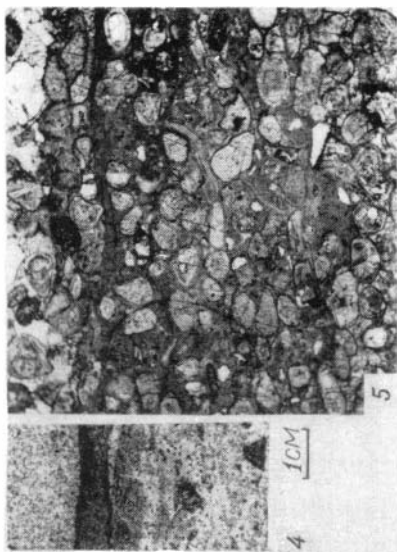
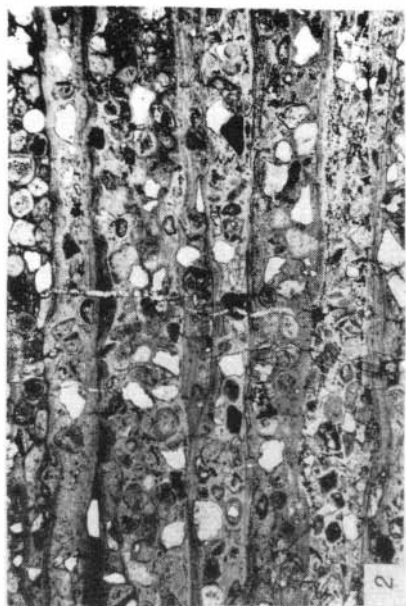
Фиг.1. Шлиф из пеллетного фосфорита (НФ) с оторочками раскристаллизации цемента. В верхней части снимка – тончайшеслоистые тонкокристаллические фосфатные микростроматолитовые слойки – ламиниты. Месторождение Джилан. х 10, николи X.

Фиг.2. Шлиф фосфорита из верхней части ВФ месторождения Джаньтас. Оолитово-зернистый фосфатный материал с примесью песчинок кварца (белое) в афанитовом фосфатном матриксе. Такие слойки чередуются с более тонкими корками-наслоями тонкораскристаллизованного фосфата. Стратиформная микростроматолитовая постройка. х 20, николи II.

Фиг.3. Шлиф из НФ месторождения Тьесай. Плоские, корродированные кремнеземом(светлое) интракласты фосфатных строматолитовых наслоев с включениями кремневых спикул. В середине – интракласт зернистого фосфорита на афанитовом фосфатном цементе. х 25, николи II.

Фиг.4. Сечение тонкого биострома (черное) в оолитово-зернистом фосфорите из ВФ месторождения Джаньтас. Срез образца.

Фиг.5. Шлиф через черный фосфатный слой в образце, показанном на фиг. 3. Фитолит представлен зоной базального афанитового фосфатного матрикса зернистого фосфорита, содержащего обломки минерализованных микрослоевид (таллусов). х 40, николи II.



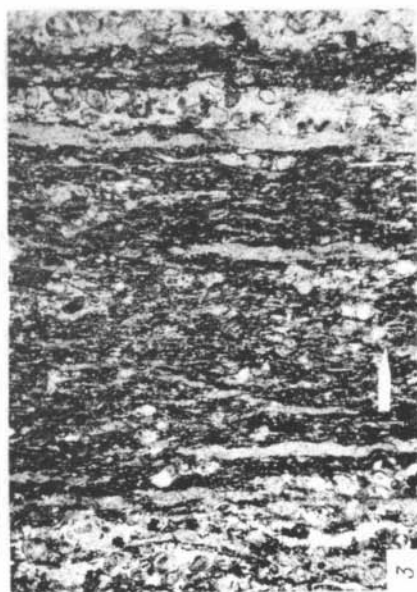
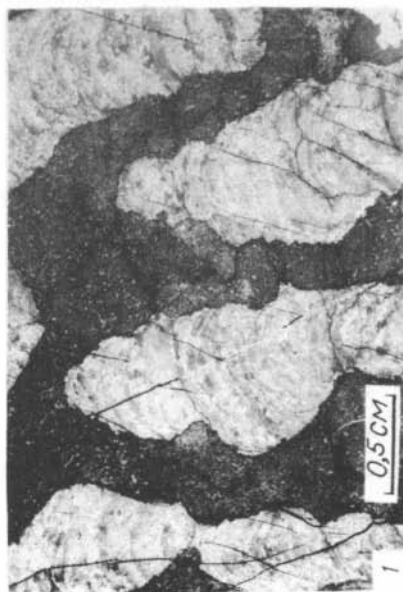
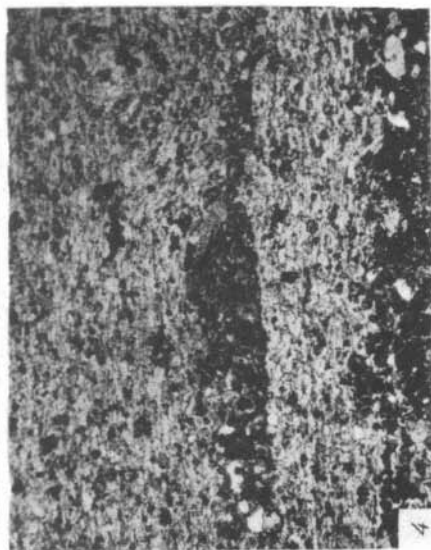
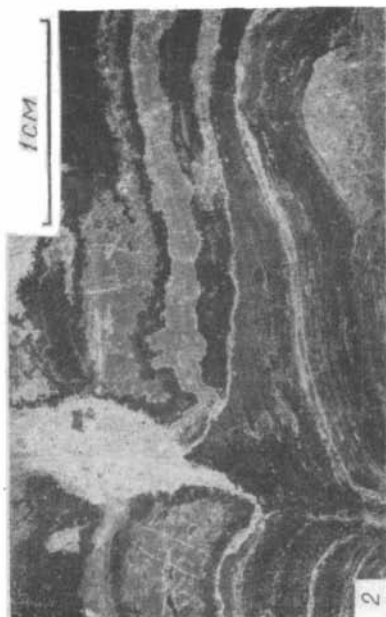
Т а б л и ц а 7

Фиг.1. Шлиф из слоя чичканской свиты, северо-западная часть бассейна Каратау. Кремнистые столбчатые строматолиты в доломитовом матриксе, включающем обрывки более раскристаллизованных окремненных нитей. Столбики имеют типичную выпукло-слоевидную текстуру строматолитовых построек. Темное в них - слабо поляризуемое гидрослюдисто-кремнистое вещество, светлое - раскристаллизованный аллотриоморфный мелкозернистый агрегат кварца и халцедона. Николи II.

Фиг.2. Негативное фото шлифа из "базального фосфорита" месторождения Карашат с типичной микростроматолитовой текстурой. Темное - кремнистые слойки, частично послойно карбонатизированные (светлое). В межстолбиковом карбонатном заполнении - фосфатные зерна. Николи II.

Фиг.3. Шлиф из породы в нижней части КГ на месторождении Джаньтас. Микрослойки фосфата (светлые "червячки") в водорослевой глинисто-кремнисто-фосфатной массе с включениями отдельных зерен фосфата. х I5, николи II.

Фиг.4. Шлиф. Слойки-примазки микрозернистого фосфата и его отдельные зерна (черное) в кремнистой массе (светлое) с водорослевой текстурой. х I5, николи II.

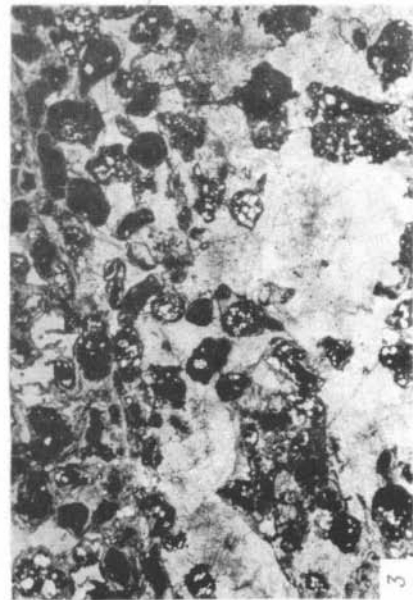
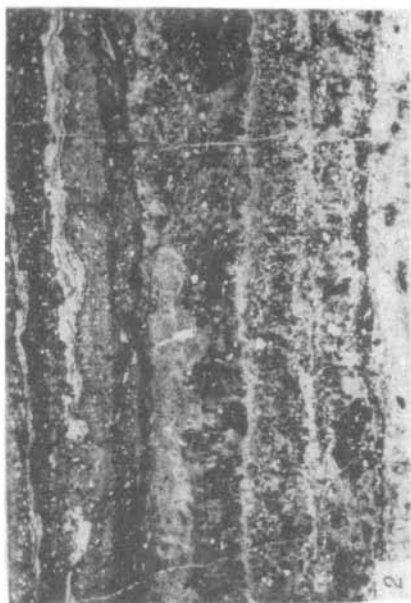


Т а б л и ц а 8

Фиг.1. Шлиф из образца фосфорита формации Тал, показанного на рис.9. Водорослевая микротекстура фосфатного наслоя строматолитовой постройки. Черное - фосфат, светлое - карбонатизированные участки. х 24, николи II.

Фиг.2,3. Два фото участков шлифа из стратиформной фосфатной строматолитовой постройки, формация Тал: 2 - чередование фосфатных слойков с водорослевой текстурой и включениями карбонатизированных спикул, сферул, нитей водорослей (белое); фосфат - черное, серое - карбонат. х 30, николи II. 3 - деталь одного из таких слойков, частично замещенного карбонатом. Слойок сложен водорослевыми комками (черное) - онкоидами, частично окварцованными. х 30, николи II.

Фиг.4. Шлиф из гравелитового фосфорита - месторождения Тамалык (Кузнецкий Алатау). Интракласты фосфатных слойков строматолитов с водорослевой текстурой в кварцевом матриксе мозаичной структуры. х 30, николи II.



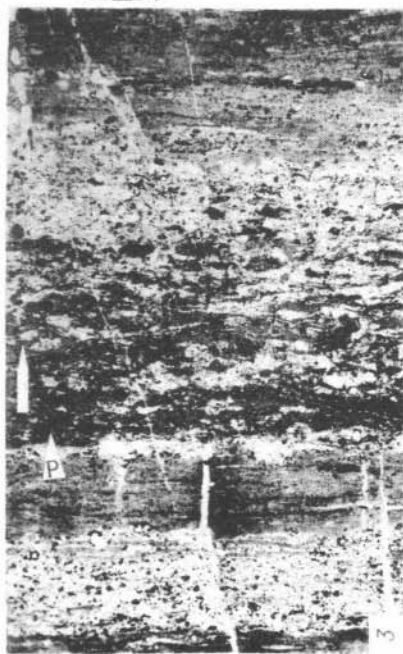
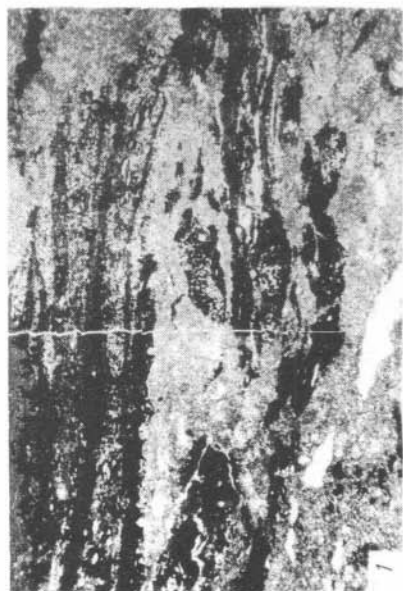
Т а б л и ц а 9

Фиг.1. Шлиф из карбонатизированного фосфатного фитолита. Темное - фосфатные слоевища с водорослевой текстурой и их реликты; белое - кварц, серое - карбонат. Кутень-Булукское фосфоритопроявление, Батеневский кряж. х 20, николи II.

Фиг.2. Шлиф из фосфорита с водорослево-онкоидной структурой. Цемент и ядра онкоидов карбонатные; черное - фосфат. Кызаское фосфоритопроявление, Горная Шория. х 15, николи II.

Фиг.3. Шлиф через карбонатизированный фосфатный прослой (фосфат - темное, в средней части) с водорослевой текстурой, ниже и выше - слои строматолитов кремнистого состава (серое). Фосфоритопроявление Юлия, Батеневский кряж. х 30, николи II.

Фиг.4. Срез образца через биостром с фосфатными водорослевыми слоями, разделенными карбонатными. Черное - фосфат, светлое - карбонат. Верхние части слоевищ карбонатизированы, с обособлением реликтов отдельных фосфатных элементов типа водорослевых комков, онкоидов. Месторождение Хубсугул, Монголия.



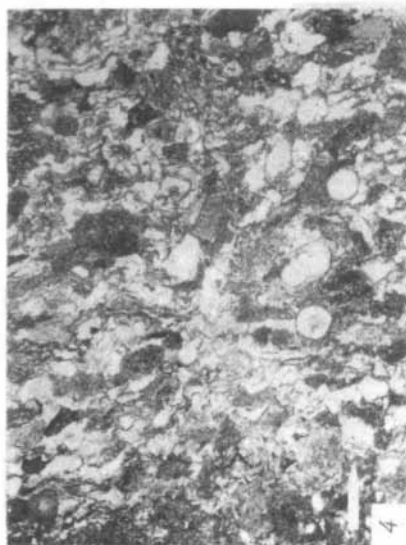
Т а б л и ц а 10

Фиг.1. Шлиф из черного афанитового фосфорита с водорослевой "волокнистой" текстурой, заметной благодаря черным пигментированным линзослойкам. Фосфат - черное и серое. Белое - окремненные и карбонатизированные участки. Месторождение Хубсутул, участок Урундуши. х 45, николи II.

Фиг.2. Негативное фото шлифа. Тонкослоистый фосфорит месторождения Хубсутул. Светлое - оксидно-интракластовый фосфорит; темное - строматолитовые слойки кремнистого состава. Николи II.

Фиг.3. Позитивное фото этого же шлифа. Увеличенное изображение участка, показанного на фиг.2 рамкой. Строматолитовая текстура кремнистых слойков (серое) с фосфатными сферами и комками (черное), а также интракластами, образующими присыпки между кремнистыми слойками. х 10, николи II.

Фиг.4. Шлиф из слойка черного фосфорита месторождения Джинхайн-Нуру (ХФБ) с водорослевой текстурой и включениями фосфатных афанитовых интракластов, водорослевых сферул, микронаслоев извилистых очертаний. х 40, николи II.



Т а б л и ц а II

Фиг.1. Шлиф из фосфорита месторождения Бурэнхан (ХФБ). Фосфатные онкоиды с водорослевой текстурой, проявленной благодаря карбонатизации. Цемент кварцевый. Онкоиды окружены тонкой каймой – щелочкой апатита, возникшего за счет вытесненного при окварцевании фосфата. х 40, николи II.

Фиг.2. Шлиф из фосфорита месторождения Хараңур (Восточный Саян). Водорослевый (онколитовый) фосфорит. Фосфатные фитолиды существенно замещены карбонатом (светлое). х 40, николи II.

Фиг.3. Срез образца из тонконаслоенного фосфатного биострома. Фосфорит "нижнего пласта" участка Онголигнур Хубсугульского месторождения (ХФБ). Черное – фосфатные наслои, светлое – карбонатные (образец А.Ф.Георгиевского).

Фиг.4. Шлиф из этого же образца. Видно сложное ступенчатое-интракластовое строение черных фосфатных наслоев с сечениями карбонатизированных (белое) водорослевых нитей и тонкая "волокнистая" строматолитовая текстура межфосфатных карбонатных наслоев. х 40, николи II.

Фиг.5. Срез кремнистого строматолита. Черное – линзослойки сплошного кремня, светлое – тончайшеволокнисто-слоистые фосфатные слойки с типично строматолитовой текстурой. Белое – в середине – карбонатизированный слой. КТ, Каратау, месторождение Аксай.

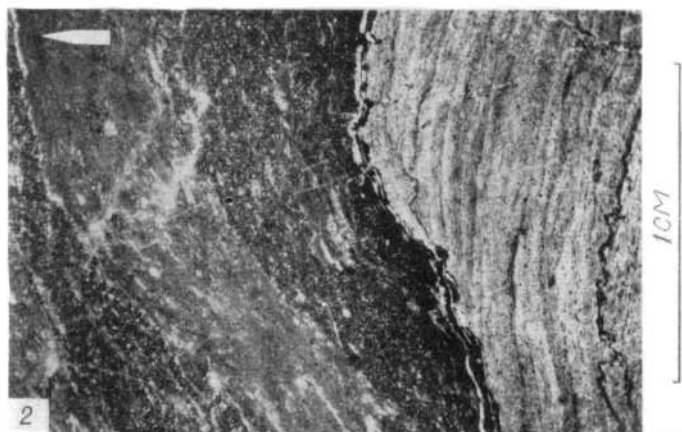
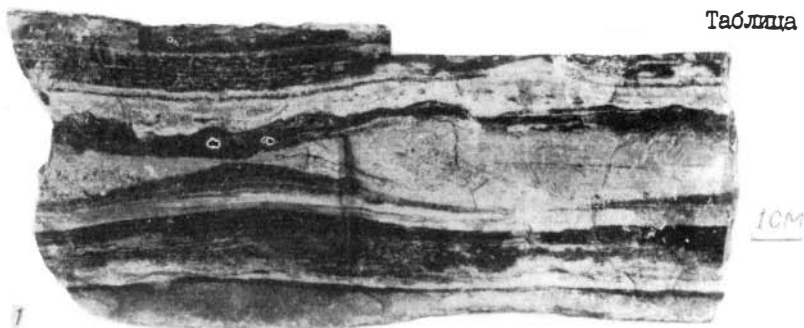


Т а б л и ц а I2

Фиг.1. Кремнистые водорослевые слойки (черное) в доломите (светлое). Срез образца из мартюхинской свиты Батеневского кряжа, АСО.

Фиг.2. Шлиф из этого же образца: кремнистая микростроматолитовая куполовидная постройка (светлое), перекрытая чередованием карбонатных (наиболее темное) и бурых кремнистых слойков с примесью биодетрита (спикул?). Николи II.

Фиг.3. Участок шлифа из показанного на фиг.1 образца. Черное — кремневые алгал-ламиниты в карбонатной массе. Николи II.



ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Постановка вопроса	5
2. Известные фосфатные строматолиты и их геологическая позиция	7
3. Фосфатные и кремнистые строматолитовые постройки фосфо- ритоносного бассейна Каратау	II
4. Фосфатные и кремнистые строматолитовые постройки Алтае- Саянского и Хубсугульского фосфоритоносных бассейнов ...	32
5. О стратиграфическом и палеогеографическом распределении строматолитовых фосфоритов Каратау	41
6. Обсуждение результатов. Роль микроорганизмов в процессе фосфоритообразования	45
Резюме на английском языке ...	56
Литература	57
Фототаблицы и объяснения к ним	63

CONTENTS

1. Introduction	5
2. Known stromatolitic phosphorites and the geological position of them	7
3. Phosphate and silicious stromatolitic buildups of Karatau phosphorite-bearing basin	II
4. Phosphate and silicious stromatolitic buildups of Altay-Sayan and Khubsugul phosphorite-bearing basins ..	32
5. About stratigraphic and paleogeographic distribution of stromatolitic phosphorites of Karatau	4I
6. Discussion. The role of microorganisma in the origin of phosphorites.	45
Abstract (in English).....	56
References	57
Illustrations (photo-tables)	63

Темат. план выпуска самостоят. изданий
СО АН СССР, 1988 г. (монографии),
поз.20

Эрик Аршавинович ЕГАНОВ

ФОСФОРИТООБРАЗОВАНИЕ И СТРОМАТОЛИТЫ

Ответственный редактор

Евгений Максимович Хабаров

Утверждено к печати

Институтом геологии и геофизики СО АН СССР

Редакторы

Л.А.Довгаль, Э.В.Белоусова

Технический редактор Н.Н.Александрова

Подписано к печати 29.02.88. МН 09126.
Бумага 60x84/16. Печ.л.5,75. Уч.-изд.л.4,75.
Тираж 600. Заказ 128. Цена 35 коп.

Институт геологии и геофизики СО АН СССР
Новосибирск, 90. Ротапринт.