

E. A. EGANOV

THE PROBLEMS
OF DISTRIBUTION
AND ORIGIN
OF BEDDED
PHOSPHORITES

Editor-in-chief
cand. geol.-min. sci. Yu. N. Zanin



PUBLISHING HOUSE «NAUKA»
SIBERIAN BRANCH
NOVOSIBIRSK · 1974

Э. А. ЕГАНОВ

ПРОБЛЕМЫ
ОБРАЗОВАНИЯ
И РАЗМЕЩЕНИЯ
ПЛАСТОВЫХ
ФОСФОРИТОВ

Ответственный редактор
канд. геол.-мин. наук Ю. Н. Занин



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
НОВОСИБИРСК · 1974

Э. А. ЕГАНОВ

ПРОБЛЕМЫ
ОБРАЗОВАНИЯ
И РАЗМЕЩЕНИЯ
ПЛАСТОВЫХ
ФОСФОРИТОВ

Ответственный редактор
канд. геол.-мин. наук Ю. Н. З а н и н



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ

Сейчас довольно твердо установлены основные и, в определенной мере, эффективные признаки отложений, перспективных для поисков фосфоритов. Такими признаками прежде всего являются: приуроченность первичных богатых фосфоритов к карбонатным породам, чаще всего к доломитам; наличие в продуктивном разрезе черных глинистых и карбонатных сланцев, черных кремнистых слоев или вообще углеродистых пород; неоднородность породного состава перспективных интервалов разреза; присутствие в разрезе контрастных переходов от одних пород к другим, например от красноцветных терригенных к сероцветным карбонатам. Эти признаки позволяют более или менее уверенно выделять перспективные области, в которых непосредственное капельное опробование, а также радиометрическая, шлиховая и почвенная съемки относительно недорогой ценой обнаруживают пункты залегания пород с повышенной фосфатностью.

Но этим в основном и ограничивается значение существующего теоретического подхода. После того как выявлена фосфатноносная область и в ней обнаружены конкретные фосфатопроявления, требуется дорогостоящая их коммерческая оценка. Из большого количества фосфатопроявлений, установленных в последние годы на территории разных стран, лишь единичные находки вылились в открытия крупных месторождений. Относительно небольшое количество известных крупных месторождений по сравнению с множеством мелких и непромышленных делает задачу типизации довольно трудной. Но именно на нее переместилось сейчас внимание, которое ранее было направлено лишь на вопросы обнаружения фосфатопроявлений.

Согласно господствующим среди геологов, изучающих фосфориты, представлениям, выработанным на материалах по крупным месторождениям, фосфориты, будучи морскими осадочными породами, должны протягиваться на значительные расстояния. Поэтому обнаружение почти любого слоя того, что можно назвать фосфоритом, истолковывается как установление «фосфатноносного уровня», который можно проследивать

по значительной территории. Практика показывает, что часто, и прежде всего в платформенных областях, это действительно так, но во множестве других случаев (в складчатых областях) «уровень» оказывается очень локальным. С другой стороны, попытки обнаружить в пределах фосфатоносных отложений геосинклинальных областей (а именно в этих областях ведутся наиболее активные поиски богатых руд) промышленно интересные интервалы лишь в редких случаях увенчивались крупным успехом, даже когда «уровень» прослеживался достаточно широко.

Все это наводит на мысль о том, что суждения о характере позиций фосфоритов, исходящие из укоренившихся представлений об их происхождении, в той или иной мере требуют пересмотра, результаты которого могли бы лучше объяснить положение выявляемых фосфатопоявлений и сделать процедуру их оценки более эффективной.

Но прежде чем приступить к подобной работе, необходимо пересмотреть некоторые основные понятия, классификации и рассуждения, оценить реальные возможности решения тех или иных вопросов, а также представить себе, что именно будет считаться решением и что можно сделать с таковым. Для всего этого требуется не только привлечение новых фактов. Прежде всего следует выявить слабые места логики используемой схемы рассуждений. А это в свою очередь связано с уточнением языка и понятий, что сейчас является для геологии общей проблемой. Поэтому придется рассматривать и некоторые вопросы методологии.

Здесь предпринята попытка заострить внимание на иных возможностях интерпретации геологических позиций фосфоритов, нежели это принято в большинстве работ по данной теме; на ином подходе к проблеме прогнозирования богатых осадочных руд фосфора. Возможно, читателю будет разочарован отсутствием в данной книге ясных и законченных выводов. Одни положения затрагиваются лишь вскользь, другие сформулированы недостаточно четко. Но дело в том, что в настоящее время в принципе лишь некоторые из них могут быть разработаны с необходимой строгостью.

Основное назначение этого текста — побудить читателя к собственным рассуждениям на новой основе, кое в чем усомниться, кое-что пересмотреть. Многие в затронутой области находится еще только в стадии формулирования, и иногда приходится помещать высказывания, которые на первый взгляд могут показаться достаточно очевидными. Однако именно отсутствие четких формулировок некоторых частных положений общей проблемы — по каким признакам, где и как более уверенно искать богатые пластовые фосфориты — вынуждает нас подолгу топтаться на месте, утешаясь туманными, расплывчатыми фразами или повторением давно извест-

ных вещей. И если у читателя возникнет вопрос о том, почему в фосфоритовых залежах не так много фосфора, как в фосфоритовых недрах продукт усиленного выщелачивания фосфоритов вод вследствие таинственных на сегодняшний день «приливов» и осаднения «белых фосфоритов», а лишь как на геологическом моментальном разрывных изменений и перемещений веществ, в толще напластований, — цель рассуждений достигнута.

В представляемой работе рассматриваются вопросы с изучением характера залегания так называемых «пластовых фосфоритов», в которых фосфат составляет существенную долю их объема и распределен относительно равномерно.

Пластовые фосфориты обнаружены преимущественно в областях, которые во время образования фосфоритовых толщ были более или менее подвижными, хотя встречаются и в пределах относительно стабильных платформ. Для понимания особенностей фосфоритовых залежей придется обращаться и к данным о желваках фосфоритовых руд, характерных для стабильных платформенных и океанических бассейнов.

Руководствуясь положениями, ориентированными в мелководных морских осадках теплых климатов, геологи выявляют фосфориты в самых различных геологических подразделениях. Однако, хотя надежда и возросла, возможность пропуска «фосфоритов», чаще всего маломощного, еще остается особенно в закрытой и труднопроходимой местности. Заблуждается, что большая протяженность фосфоритовых залежей повышает вероятность не пропустить их. Многие горизонты обладают, как правило, маломощностью к выветриванию, что значительно затрудняет попасть на глаза в естественной обстановке фосфориты обнаруживались там, где «сплошные» опорных разрезов проводилось до этого не было.

Подытожим сказанное. Сейчас возникает необходимость формулировать новые, более детальные представления о закономерностях обнаруживаемых фосфатопоявлений. Выявление затрудняется разнородностью материалов старых концепций, а также несовершенством методов получения выводов.

Настоящая работа посвящена постановке вопросов, которые необходимо учитывать при разработке методов прогнозирования. Изложенное рассчитано на читателя, знакомого с основными данными о строении и размещении месторождений.

* Сравнительно с такими зонами, как области формирования фосфоритов на кристаллическом основании.

практика показывает, что часто, в этих областях, это действительно учаев (в складчатых областях) локальным. С другой стороны, фосфатоносных отложений именно в этих областях ведутся (руд) промышленно интерес-случаях увенчивались крупным прослеживался достаточно ши-

том, что суждения о характере из укоренившихся представ-ой или иной мере требуют пе-могли бы лучше объяснить по-явлений и сделать процедуру

подобной работе, необходимо де понятия, классификации и возможности решения тех или вить себе, что именно будет сделать с таковым. Для всего ечение новых фактов. Преж-е места логики используемой очередь связано с уточнени-вается для геологии общей сматривать и некоторые воп-

острить внимание на иных логических позиций фосфо-льшинстве работ по данной е прогнозирования богатых о, читатель будет разочаро-ных и законченных выводов. ишь вскользь, другие сфор-о дело в том, что в настоя-рые из них могут быть раз-

ста — побудить читателя к ой основе, кое в чем усом-гое в затронутой области формулирования, и иногда ия, которые на первый но очевидными. Однако овок некоторых частных ким признакам, где и как стовые фосфориты — вы-есте, утешаясь туманны-вторением давно извест-

ных вещей. И если у читателя возникнет желание взглянуть на фосфоритовые залежи не как на законсервированный в недрах продукт усиленного выпадения фосфатов из морских вод вследствие таинственных на сегодняшний день условий «привноса» и осаднения «эпохи фосфоритообразования», а лишь как на геологически моментальный результат непрерывных изменений и перемещений вещества, происходящих в толще напластований,— цель рассуждений автора будет достигнута.

В представляемой работе рассматриваются вопросы, связанные с изучением характера залегания так называемых «пластовых фосфоритов», в которых фосфат составляет существенную долю их объема и распределен относительно равномерно.

Пластовые фосфориты обнаружены преимущественно в областях, которые во время отложения фосфатовмещающих толщ были более или менее подвижными*, хотя могут встречаться и в пределах относительно стабильных зон. Тем не менее для понимания особенностей фосфоритообразования нам придется обращаться и к данным о желваковых фосфатных рудах, характерных для стабильных платформ и современных океанических бассейнов.

Руководствуясь положениями, ориентирующими на поиски в мелководных морских осадках теплых климатических зон, геологи выявляют фосфориты в самых различных стратиграфических подразделениях. Однако, хотя надежность опробования и возросла, возможность пропуска «фосфатоносного уровня», чаще всего маломощного, еще остается значительной, особенно в закрытой и труднопроходимой местности. Предполагается, что большая протяженность фосфоритовых горизонтов повышает вероятность не пропустить их. Но фосфатоносные горизонты обладают, как правило, малой сопротивляемостью к выветриванию, что значительно снижает их шансы попасться на глаза в естественной обнаженности. Иногда фосфориты обнаруживались там, где «сплошное» опробование опорных разрезов проводилось до этого неоднократно.

Подытожим сказанное. Сейчас возникла необходимость сформулировать новые, более детальные критерии оценки обнаруживаемых фосфатопроявлений. Выработка таких критериев затрудняется разнородностью материалов, давлением старых концепций, а также несовершенством методологии получения выводов.

Настоящая работа посвящена постановке вопросов, которые необходимо учитывать при разработке проблемы прогнозирования. Изложенное рассчитано на читателя, знакомого с основными данными о строении и размещении фосфоритовых месторождений.

* Сравнительно с такими зонами, как области древних платформенных чехлов на кристаллическом основании.

ки материалов автору оказы-
А. Л. Яншин; И. С. Боров-
ский, Б. Г. Гуревич, В. В. Ди-
нин, А. В. Ильин, В. П. Каза-
Е. McKelvey, Р. А. Максумова,
Г. Л. Поспелов, Г. И. Ратни-
ветлицкий, А. И. Смирнов,
ва, Г. В. Страхов, К. Табыл-
ов, М. В. Чайкина, Л. Ф. Чер-
тутов.

глубокую признательность.

ИТ»

«фосфатосодержащая порода»
пишет Г. И. Бушинский [23,
ю в советской геологии но-
жанию P_2O_5 :

Наименование фосфорита

Очень богатый

Богатый

Среднего кач.

Бедный

Очень бедный

Фосфатосодержащая порода

и, например, «кремнистые
разнообразные объекты.
л, что классификация фос-
которых других полезных
нципе, нежели классифика-
енклатуры «пустых» пород
, составляющий более 50%
т принцип не соблюдается,
нь неточным.

ррит», пользуются только
а, а классифицируют фос-
особенностям или по гене-
жественно понятию «оса-
ычленяемая из геологиче-
очень часто представляет
общепринятым классифи-
границы последнего могут
афическими границами.

и переработку полезного
как руды приемлемо
сто геологическим проб-
добств такого определе-

зия, и прежде всего потому, что фосфорит в геологическом
смысле является горной породой — классом вещества — и
должен определяться через вещественно-структурную ассо-
циацию минеральных индивидов. Химическая же классификация
нередко стирает его геологическую индивидуальность, делает
невозможными сравнения на петрографической основе, столь
необходимые в любом геологическом исследовании. Например,
для проверки широко распространенного предположения
о том, что «фосфатные породы встречаются в ассоциации
с определенными типами осадков древних бассейнов и зани-
мают среди этих осадков определенное положение» [93, с. 4],
необходима четкая формулировка того, что будет считаться
«фосфатной породой», ибо очевидно, что если вообще такая
закономерность имеет объективное значение, то для разных оп-
ределений «фосфорита» могут быть установлены разные ас-
социации.

Фосфорит чаще всего имеет поликомпонентный состав.
Г. И. Бушинский [23] отмечает, что если, как принято в та-
ких случаях, считать фосфоритом породу, в которой фосфат-
ного вещества более 50%, то нижним пределом класса фосфо-
ритов будет содержание P_2O_5 более 18%, т. е. объем понятия
«фосфорит» будет отвечать богатым и средним фосфоритам
по приведенной выше номенклатуре.

В целом, как отмечено у Б. М. Гиммельфарба [37], поня-
тие о фосфоритах охватывает «целый комплекс горных пород,
важнейшей составной частью которых является группа мине-
ралов, представленных кальциевыми солями фосфорной кис-
лоты».

Заметим, что группа кальциевых солей фосфорной кислоты
сама по себе многочисленна, причем диагностика отдельных
ее минералов требует больших затрат. Нефосфатный же
компонент фосфатосодержащих горных пород чрезвычайно
разнообразен. Все это делает понятие «фосфорит» в практике
геологических работ весьма расплывчатым. Считая фосфори-
том любую осадочную горную породу, в которой более 13%
фосфатного минерала ($>5\% P_2O_5$), мы впадаем в основатель-
ную неопределенность, когда пытаемся получить те или иные
выводы на основе сравнений. Как видим, фосфориты раскла-
сифицированы менее подробно, чем некоторые «пустые» оса-
дочные породы, скажем песчаники или известняки, а имею-
щиеся классификации фосфоритов во многом не удовлетворя-
ют целям сравнений, которые проводятся для оценки место-
рождений.

Разумеется, фосфориты можно классифицировать и с уче-
том структурно-вещественных особенностей нефосфатной ча-
сти, применяя к ней правила номенклатуры соответственных
осадочных пород. К сожалению, так делается в небольшом чис-
ле случаев. В приведенном выше определении Б. М. Гиммель-

фарба фосфатная часть названа «важнейшей». Однако фосфорит — не только руда, но прежде всего осадочная порода, а в ней все компоненты имеют равную значимость. Только цель исследования (а все исследования имеют цель) определяет существенность той или иной части породы, независимо от ее доли в общей массе. Поэтому неизвестно, например, можно ли отождествить с целью применить одну и ту же методику оценки «фосфорит», представляющий собой полимиктовый песчаник, в кальцитовом цементе которого имеются фосфатные участки (при 6% P_2O_5 на породу), с «фосфоритом», который является породой, наполовину сложенной фосфатными зернами на кремнистом цементе.

Очевидно, наиболее плодотворны сопоставления объектов одного класса. Так, сравнивая глины с песчаниками, мы исходим из представлений об их принадлежности к одному генетическому классу — классу «терригенных пород». Здесь можно впасть в ошибку, не умея различать терригенные глины от аутигенных (бентонитов, например), и прийти к ошибочным, скажем, палеогеографическим выводам. Классификация фосфоритов в этом отношении еще далека от нужной ясности. В ней допускается смешение генетических (неформальных, например «конкреционный» в смысле «стянувшийся») и структурно-вещественных, морфологических (формальных, например «пелитоморфный») признаков.

Остро ощущается потребность в более целенаправленных классификациях фосфоритов, в частности оперирующих объектами, близкими по существу, и поэтому позволяющих проводить более обоснованные сопоставления. Оперировав же при сравнениях, с одной стороны, понятием о «фосфорной руде», а с другой, опираясь на сбивчивые генетико-петрографо-морфологические определения, описывающие как «фосфориты» любые концентрации фосфатов, мы сопоставляем скопления фосфатов минералогического значения с промышленно-значимыми, новообразованные с первичными, обломочные с органогенными и т. д. В классификациях нередко рассматриваются не геологические тела, являющиеся фосфоритами, а лишь элементы породных тел «иного ранга», подходящие под рубрику «фосфорит», независимо от масштаба таких выделений. Например, «желваковым фосфоритом» часто именуется фактически или участки фосфатного цемента породы [37, с. 199]; или желваки, которые по отношению к пласту являются минеральными агрегатами, а не горной породой (и правильно говорить «желваковые фосфорные руды», а не «желваковые фосфориты»); или агрегаты фосфорных минералов во всевозможных горных породах, где они являются включениями и т. д. Подобная операция аналогична переименованию конгломерата, содержащего, скажем, помимо прочего, гальку диабазов, в «диабазит», а затем сравнению его с другим «диабазитом», который представляет собой базальт. Это делает сравнение базальта, содержащего включения с кварцевым песчаником и т. д.

Таким образом, границу между «фосфоритом» и «фосфатосодержащей породой», очевидно, лучше основываясь не на химических (петрографических) признаках, а на структурно-вещественных (петрографических) признаках. Целесообразно принять объем выделений как осадочных пород, состоящих на 1/4 по объему равномерно распределенных выделений минерала фосфатита ($>9\% P_2O_5$), в связи с тем, что среди фосфоритных руд это наиболее распространенный случай. Четверть объема оценивать на глаз трудно, поэтому 1/5 и менее. Определение фосфоритов как «фосфоритов» (или «фосфатосодержащих пород») вывело бы за пределы этого понятия значительное количество объектов, которые сейчас решительно нежелательно относить к «фосфоритам». Выход из этого положения — выкинуть более 1/4 фосфатного минерала из этой группы (например, «алюмофосфатит» и т. д.) В данном случае нежелательно касаться размещения и свойств выделений, которые условимся отличать от фосфоритов. Заметим ряд трудностей, связанных с тем, что раньше не задавать границы того тела, которое относится к фосфоритам, а лишь к фосфоритам, а не к фосфоритам.

Пластовый фосфорит можно считать геологическим телом, если оно имеет сплошную структуру, сплошь состоящую из фосфоритов. Фосфорит в этом случае должен определяться не только формой и размерами тела. Желвак — это геологическое тело с небольшими размерами и короткого размера. Обычно желваки небольшие по размерам (сантиметры, максимум несколько сантиметров), но эти размеры не оговорены, а следовательно, мера желвак уплощенной формы и обломочных тел с пластообразным телом.

Понятие «пластовый» по отношению к фосфоритам неправомерно расширено за пределы его истинного значения. Вначале надо говорить о «фосфоритной породе», а затем уже вводить понятие «фосфоритов». Тогда мы бы сразу различали желваки фосфоритов. Подразделение фосфоритов можно углублять номенклатурно, например выделяя фосфориты, желвак афанитового фосфорита и т. д.

же «желваковый фосфорит» вышло за пределы предназначаемого таксона. Оно теперь может подразумевать пласт (горизонт), содержащий желваки фосфорита. Как такое тело отличить от пластового фосфорита, который может тоже пониматься как пласт, содержащий зерна фосфорита, ибо пласти сплошного фосфорита — явление достаточно редкое.

Выходит, надо договориться отличать желваки от зерен, пеллет и оолитов. По структуре это сделать трудно: многие желваки структурно и морфологически есть просто крупные копии зерен, пеллет и сложных оолитов. Сходство усугубляется тем, что к заключению мы невольно и неявно привлекаем и генетические соображения. Известно, что желваки — это стяжения, конкреции, а многие зерна и пеллеты фосфатов тоже стяжения — «микроконкреции». Остается различать желваки от зерен, оолитов и пеллет по размеру, как песчинки и гравелины отличают от гальки. По-видимому, следует воспользоваться одной из общепринятых гранулометрических шкал, считая желваки аналогами гальки и валунов (по размерам).

Тогда понятие «пластовый зернистый фосфорит» будет как бы соответствовать понятию о песчанике, а «желваковый афанитовый» — о конгломерате с галькой микрозернистой фосфатной породы. Но последнее — иной таксономический уровень. Желваковый фосфорит — это уже не конгломерат, а сама галька. Именно в последнем смысле и возникло первоначально понятие «желваковый фосфорит». «Это желваковый фосфорит», — говорил геолог, держа в руке конкрецию, сложенную фосфатом. Правильно было бы сказать «желвак фосфорита». Если же перед нами пласт, скажем, песчаник с фосфатными желваками, то возникает вопрос, как должны быть упакованы эти желваки, чтобы данный объект стал «пластовым фосфоритом»? Очевидно, что тогда понятие «пластовый фосфорит» будет соответствовать понятию «руда». Пласт станет, точнее говоря, пластом «желваковой фосфатной руды» («желвакового фосфорита»), если валовое содержание фосфата на промышленно-значимую единицу объема (скажем, на 1 куб. м) слоя, содержащего желваки, превысит заданный уровень. Слой, где желваки фосфата упакованы плотно и даже сливаются в сплошную массу («плиту»), формально отвечают понятию «пластовый фосфорит» в том смысле, как его употребляют сейчас, т. е. без учета гранулометрии структурных элементов. Различие будет только в генетическом аспекте, и то лишь в определенной мере.

Итак, понятия «пластовый» и «желваковый» правомочны только для обозначения формы и размеров тел, опробование которых показывает принадлежность их к классу «фосфорная руда». Сам подход к опробованию, вносящий свои коррективы в определение здесь рассматривать не будем.

О КЛАССИФИКАЦИИ ФОСФОРИТОВ

Классификация должна различать фосфоритовые группы, которые при отожествлении с ними всего материала позволяли бы решить поставленные, например задачи прогноза по анализам (при извлечениях).

Процедура классифицирования заключает в себе свойства, по которому можно (с учетом вышесказанного) принять эффективное решение по выделению (классов). Отсюда ясно, что предметная классификация (т. е. просто-напросто отыскивание классификации) теперь уже недостаточно. Из вышесказанного свойства объекта, построение которого по набору свойств (оснований), в общем, всегда требуется выбрать ту, которая удовлетворяет определенным требованиям. Следовательно, прежде всего необходимо сформулировать эти требования.

Классификации фосфоритов, даже если они построены одновременно как по структурным, так и на генетическом основании, смешаны свойства залежей со свойствами отдельных объектов, сводятся свойства вмещающих пород, что, конечно, никогда не делается при классификации. Более обстоятельство хорошо видно на примере классификации фосфоритов, приведенном в книге Б. М. Давыдова. Смешиваются процедуры классификации простых веществ и сложных геологических тел, в которых это вещество присутствует. Например, тем, что понятие о месторождении определяется расплывчато: это или сама залежь, или залежь вмещающими породами, причем весьма различными породами и вмещающих пород. В итоге в классификации не имеем морфологической классификации, а пользуемся очень неточно определенными классификациями их месторождений. Для заполнения этого пробела рекомендуется использовать не процедуру составления списка с классами заранее разработанных образцов, а такое описание экспериментальных образцов фосфоритов (?), которое будет пригоден в основном для временного хранения информации, требующей не для сравнений.

Представляется полезным перейти к такой основной классификации фосфоритов, которая содержала в себе спорных и противоречивых

О КЛАССИФИКАЦИИ ФОСФОРИТОВ

за пределы предназнача-
одразумевать пласт (гори-
рита. Как такое тело отли-
ый может тоже понимать-
форита, ибо пласты сплош-
но редкое.

ничать желваки от зерен,
о сделать трудно: многие
ески есть просто крупные
итов. Сходство усугубляет-
ьно и неявно привлекаем
стно, что желваки — это
а и pellets фосфатов то-
Остается различать жел-
о размеру, как песчинки
По-видимому, следует вос-
тых гранулометрических
альки и валунов (по раз-

стый фосфорит» будет как
нике, а «желваковый афа-
кой микрозернистой фос-
ой таксономический уро-
же не конгломерат, а са-
сле и возникло первона-
орит». «Это желваковый
а в руке конкрецию, сло-
бы сказать «желвак фос-
скажем, песчаник с фос-
опрос, как должны быть
ый объект стал «пласто-
гда понятие «пластовый
ятию «руда». Пласт ста-
ковой фосфатной руды»
аловое содержание фос-
иницу объема (скажем,
ваки, превысит заданный
упакованы плотно и да-
плиту»), формально от-
т» в том смысле, как его
ранулометрии структур-
о в генетическом аспек-

елваковый» правомочны
меров тел, опробование
их к классу «фосфорная
сящий свои коррективы
е будем.

Классификация должна разбивать «фосфориты» на такие группы, которые при отождествлении с ними экспериментального материала позволяли бы решать поставленные задачи, например задачи прогноза по аналогии (при заданных требованиях).

Процедура классифицирования заключается в отыскании свойства, по которому можно (с учетом некоторых требований) принять эффективное решение по выделению групп (классов). Отсюда ясно, что предлагать возможные классификации (т. е. просто-напросто отыскивать новые делящие свойства) теперь уже недостаточно. Из множества возможных классификаций объекта, построение которых по заданному набору свойств (оснований), в общем, несложная задача, требуется выбрать ту, которая удовлетворяет предъявленным требованиям. Следовательно, прежде всего необходимо четко сформулировать эти требования.

Классификации фосфоритов, даже самые последние [37, 75, 113, 168], построены одновременно как на структурно-вещественных, так и на генетических основаниях. В них нередко смешаны свойства залежей со свойствами пород. Кроме того, вводятся свойства вмещающих отложений, чего, надо отметить, никогда не делается при классификации пород. Последнее обстоятельство хорошо видно из обзора классификации фосфоритов, приведенном в книге Б. М. Гиммельфарба [37]. Смешиваются процедуры классифицирования фосфатного вещества и сложных геологических тел («месторождений»), в которых это вещество присутствует. Положение осложняется тем, что понятие о месторождениях определено тоже крайне расплывчато: это или сама залежь, или залежь вместе с вмещающими породами, причем неясен характер соседства залежи и вмещающих пород. В итоге и по настоящее время мы не имеем морфологической классификации фосфоритов, а пользуемся очень неточно оговоренными генетическими классификациями их месторождений. М. С. Швецов [144] для заполнения этого пробела рекомендует ввести оговорки и использовать не процедуру соотнесения выявленного объекта с классами заранее разработанной схемы, а краткое условное описание экспериментального образца (например, фосфорит (?) пластовый, кремнистый). Подобный подход, однако, пригоден в основном опять же для описательных процедур и временного хранения информации, требующей уточнения, но не для сравнений.

Представляется полезным перейти к такой структурно-вещественной классификации фосфатных пород, которая бы не содержала в себе спорных и априорных генетических предположений.

Схема классификации-перечисления фосфатсодержащих тел *

Основания деления	А Неоднородные (порода делится на элементы и основную массу)				Б Однородные (порода разделяется только на элементы)	
Однородность массы в заданных границах	Только в элементах		Только в основной массе			
Распределение фосфатного вещества	В основной массе и в элементах		Только в основной массе			
Доля элементов от массы породы	1/2, 1/4, 3/4					
Характер границ элементов	Четкий		Нечеткий		Четкий	
Форма элементов	Округлая	Округло-угловая	Полигональная	Ступенчатая	Хлопьевидная	Округло-угловатая
Размер элементов	Тонкий, средний, крупный,...					
Решетка (характер расположения центров масс элементов)	Изометрическая, стратифицированная, беспорядочная,...					
Упаковка (взаимо-отношение элементов)	Плотная, неплотная, разобшенная,...					
Ориентировка элементов	Беспорядочная, полосная,...					
Состав элементов	Фосфатный	Фосфатный + нефосфатный	Только нефосфатный	Фосфатный	Фосфатный + нефосфатный	
Состав фосфатных элементов	Минералогические виды и разновидности фосфатных минералов и их группы					
Состав нефосфатных элементов	Минералогические виды и разновидности нефосфатных минералов и их группы					
Структура элементов	При необходимости ввести такое описание используется или известные классификации петрографических структур, или другая схема с породами					
Доля фосфатных элементов в объеме всех элементов	1/4, 1/8, 3/4					
Доля главных нефосфатных элементов	1/4, 1/8, 3/4					

Элементы	Форма элементов	Размер элементов	Решетка (характер расположения центров масс элементов)	Упаковка (взаимо-отношение элементов)	Тонкий, средний, крупный,...														
					Окружено угловыми	Полное полярное	Средне полярное	Классическое полярное	Окружено угловыми	Полное полярное	Средне полярное	Неразделенное							
				Плотная, неплотная, разбощенная,...															
				Ориентировка элементов	Беспорядочная, послонная,...														
				Состав элементов	Фосфатный	Фосфатный + нефосфатный	Только нефосфатный	Фосфатный	Фосфатный	Фосфатный + нефосфатный									
				Состав фосфатных элементов	Минералогические виды и разновидности фосфатных минералов и их группы														
				Состав нефосфатных элементов	Минералогические виды и разновидности нефосфатных минералов и их группы														
				Структура элементов	При необходимости ввести такое основание используются или известные классификации петрографических структур, или данная схема с начала														
				Доля фосфатных элементов в объеме всех элементов	1/4, 1/2, 3/4														
				Доля главных нефосфатных элементов	1/4, 1/2, 3/4														
				Основная масса	Классифицируется как класс Б														
				Общие примеси	Железистая, марганцовистая, углеродистая, кремнистая,...														

* Подклассы, перечисленные в клетках, не разделенных вертикальными черточками, относятся к каждому подклассу предыдущей строки.

Основа деления	Геологические тела, содержащие фосфатные минералы в количестве более 1/4 объема тела в заданных границах
Характер перехода тела к вмещающим породам по фосфатности	Резкий, плавный
Форма тела	Плоская, линзообразная, сфероидальная, полигональная, неправильная,...
Порядок размеров тела	Миллиметры, сантиметры, метры, десятки метров,...
	Сантиметры, метры, десятки метров, сотни метров, километры,...
Ориентация тела	Согласная, секущая,...
Форма включений*	Линзы, сфероидальные, полигональные, неправильной формы,...
Размер включений по удлинению	Миллиметры, сантиметры, метры,...
Ориентация включений	Согласная, секущая

Характеристики
I геометрические

Состав включений**	Фосфатные, нефосфатные,...
	Петрографические виды и разновидности пород
Вмещающие породы	Подстилающие
	Покрывающие
Характеристика вмещающей толщи (объем, рельеф и др.)	По составу, по структуре, по отношению к другим телам и т. и.
Геометрические характеристики	Самонаклонные, пероглаженные, метаморфизованные и др.

II динамические

А. Егасов, 1958 г. Изучение фосфатных тел в условиях полевого геологического изучения. М.: Геологическое издательство. 100 стр. 1000 экз.

Характеристики	По виду строения	Сантиметры, метры, десятки метров, сотни метров, километры, ... Согласная, секущая
	Ориентация тела	
	Форма включений*	Линии, сферовидные, полигональные, неправильной формы, ...
	Размер включений по удлинению	Миллиметры, сантиметры, метры, ...
	Ориентация включений	Согласная, секущая
Внешние	Состав включений**	Фосфатные, нефосфатные, ...
	Вещественные	
	Подстилающие	
	Вмещающие породы	Петрографические виды и разновидности пород
	Покрывающие	
	Характеристика вмещающей толщи (области, района и др.)	По составу, по структуре, по отношению к другим телам и т. п.
Генетические характеристики		Седиментационные, переотложенные, метасоматические и др.

* Включение — это тело, на порядок крупнее самого крупного элемента. Это «дыры» в заданном теле, заполненные иной породой.
 ** Включения при необходимости можно классифицировать в соответствии с данной схемой, используя ее с начала.

Целью такой классификации является разделение всего множества геологических тел, содержащих фосфатные минералы в количестве, регистрируемом петрографическими (визуально-оптическими) методами, на группы, в пределах которых имеют смысл процедуры эффективного (с определенной целью) сравнения индивидов групп. Предлагаемая нами схема классифицирования (табл. 1) предусматривает подразделение вещества, слагающего фосфатные геологические тела с учетом морфологических особенностей самих рудных тел. Таким образом, предлагаемая процедура классификации-перечисления учитывает особенности как вещества, так и залегания.

Переход от классификации фосфоритов к классификации их месторождений осуществляется добавлением оснований «вмещающие породы» и некоторых других оснований, характеризующих структуру той толщи пород, в которой залегают фосфатные тела. В основе такой классификации лежит формальная схема описания сложных геологических тел [28], которую можно было бы использовать и непосредственно, тем более, что она позволяет вводить количественно выраженную меру сходства [29] между объектами и классами.

ОБЩИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗМЕЩЕНИЯ БОГАТЫХ ПЛАСТОВЫХ ФОСФОРИТОВ ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ

Конечной целью прогнозных исследований будем считать получение критериев для оценки любых областей геологического пространства на возможность обнаружения в них месторождений. В качестве таких областей могут выступать как «территории», так и разнообразные геологические тела (блоки, толщи, формации, пачки, слои, массивы).

В процедуре прогнозирования месторождений много трудных моментов. Прежде всего, мы пока вынуждены идти индуктивным путем, т. е. использовать в качестве отправной точки уже известные объекты. Разумеется, можно опираться и на дедукцию, например, предположить, что из вулканов может извергаться апатитовая лава, и организовать поиски таких эффузивов. Однако это хотя и не запрещенный, но очень рискованный путь поисков, и на практике предпочитают индуктивный ход рассуждений: ищут месторождения, в определенной степени подобные уже известным. Вопрос в том, насколько должна быть выдержана эта степень подобия.

При оценке рудопроявлений путем сравнения с известными предпочтительно не перебирать все конкретные место-

рождения, а сравнивать выделенные группы месторождений. Вместе с тем важно — инвертированные месторождения, которые за определение класса (группы) влияют на остальные месторождения рассматриваемой области. Классы или группы — продукт классификации субъекта. Они могут быть определены в идеальном случае, когда на всем пространстве месторождений организуется только один класс или рядов. Обычно бывает возможным организовать классы. Вопрос в том, насколько они «стабильны». Проблема прогноза за счет знания знаний об эффективной классификации месторождений — как где-то между возможностью объединять или разбить на классы, соответствующие месторождениям.

Путь к достижению цели прогноза может быть подразделен на два этапа: а) выработка представлений об условиях в блоках с заданными областями проявления, т. е. поиск объектов (участков), обладающих «возвратным» сходством с эталоном.

При всей очевидности этих этапов в практике нередко наблюдается тенденция, когда в экспериментальном материале с классификацией не удается справиться. Такая тенденция, как отмечалось при оценке фосфоритности месторождений РСФСР [54, 134] и продолжает наблюдаться в работах на эту тему. В ряде случаев тенденция сводится к выражению мнения о том, что наличие наиболее крупного и богатого пласта и обоснованию этой оценки нечеткими представлениями. Существование новых классов месторождений не всегда удается выявить.

Выделение новых классов с одной стороны при этом всегда обнаруживаются различия, позиция новых объектов сравнительно со старыми, оно выдвигает барьер на пути, когда новый класс не только обнаруживается, но одновременно выделяется и на промышленном. Если же новый класс не обнаруживается, которые требуются «все тем», а второму становится возможным выделить объекты. Следовательно, для выявления объектов. Заключение с выделением объектов. Но это дело зависит, и оно

является разделение всего
содержащих фосфатные мине-
рогенез петрографическими (ви-
на группы, в пределах кото-
эффективного (с определенной
Предлагаемая нами схе-
предусматривает подразде-
фосфатные геологические тела
особенностей самих рудных тел
процедура классификации-пе-
вещества, так и за-

фосфоритов к классификации
добавлением основания
других оснований, характе-
в которой залегают
классификации лежит фор-
геологических тел [28], ко-
и непосредственно, тем
выраженную
классами.

ОСНОВНЫЕ ПРИЗНАКИ РАЗМЕЩЕНИЯ НОВЫХ ФОСФОРИТОВ

будем считать
областей геологиче-
обнаружения в них место-
областей могут выступать как
геологические тела (блоки,
классы).

месторождений много труд-
на поля вынуждены идти ин-
в качестве отправной
Разумеется, можно опираться
предположить, что из вулканов
и организовать поиски
и не запрещенный, но очень
практике предпочитают ин-
месторождения, в опреде-
известным. Вопрос в том,
эта степень подо-

сравнения с известными
все конкретные место-

рождения, а сравнивать выявленные признаки с классом,
т. е. с несколько сокращенным перечнем свойств, общих для
группы месторождений. Вместо класса можно взять голо-
тип — конкретное месторождение, признаки которого при-
веты за определение класса (голотип максимально похож
на остальные месторождения рассматриваемой совокупности).
Классы или голотип — продукт исследовательской деятель-
ности субъекта. Они могут быть определены по-разному. Тот
идеальный случай, когда на всем множестве известных место-
рождений организуется только один класс или один голотип,
редок. Обычно бывает возможно организовать несколько клас-
сов. Вопрос в том, насколько они «хорошо» организованы.
Проблема прогнозов во многом зависит от «достаточно»
эффективной классификации месторождений. Это решение ле-
жит где-то между возможностью объединить их в один класс
или разбить на число классов, соответствующее числу место-
рождений.

Путь к достижению цели прогнозирования часто может
быть подразделен на два вполне самостоятельных этапа:
а) выработка представлений об эталонах и б) сравнение эта-
лонов с заданными областями геологического пространства,
т. е. поиск объектов (участков), обнаруживающих «удовлет-
ворительное» сходство с эталоном.

При всей очевидности этих этапов в практике прогнозиро-
вания нередко наблюдается тенденция замыкаться только
в экспериментальном материале с классифицированием послед-
него независимо от эталонов. Такая тенденция отчетливо
сказалась при оценке фосфоритонности восточных районов
РСФСР [54, 134] и продолжает ощущаться в последующих
работах на эту тему. В ряде случаев прогнозирование фак-
тически сводится к выражению надежды на возможность про-
тяжения наиболее крупного и богатого из обнаруженных
пластов и обоснованию этой надежды некоторыми гипотети-
ческими представлениями. Существует и тенденция выделения
новых классов месторождений на экспериментальном мате-
риале.

Выделение новых классов, с одной стороны, полезно, ибо
при этом всегда обнаруживаются различия в геологической
позиции новых объектов сравнительно со старыми. С другой
стороны, оно воздвигает барьер на пути сравнения. Хорошо,
когда новый класс не только объединяет новые месторожде-
ния, но одновременно выделяется и на множестве известных
промышленных. Если же новый класс содержит только те
месторождения, которые требуется оценить, он оказывается
«не тем», к которому относятся выявленные ранее промыш-
ленные объекты. Следовательно, над ним повисает клеймо
непригодности. Заключение о непригодности может оказаться
правильным. Но его надо доказать, а это весьма тяжелый

труд. Прямое же несоответствие нового класса в
не гипотезы крайне невыгодно.

Задачей нашего исследования в основном является прохождение первого этапа. Построение эталонных моделей осуществляется на «материале обучения» — описании известных промышленных месторождений. Выбор объектов для компоновки материала обучения, определение объема стратиграфических колонок или границ фосфатоносных геологических тел не представляется возможным достаточно строго обосновать. Это делают главным образом исходя из соображений о способах возникновения фосфоритов, т. е. на основе генетических предположений.

Одним из основных понятий для выделения эталонных объектов является понятие «фосфоритоносный бассейн» (ФБ), широко употребляющейся при описании строения фосфоритовых месторождений. Обычно ФБ понимается как область (площадь) распространения выходов фосфоритовых пластов, считаемых кондиционными, вместе со «связанными» с ними вмещающими породами, которую оконтуривают условной линией (см., например, фиг. 1 в [24]). Очевидно, что в материал обучения не следует включать «не связанные с фосфоритами» объекты, скажем интрузивные массивы и гораздо более древние или более молодые отложения и т. д. Однако вопрос этот далеко не так уж ясен. «Инородные» объекты исключаются в целях «экономии мышления», но при этом велика опасность, что вместе с действительно ненужными объектами могут быть исключены и нужные. Именно поэтому в качестве оправдания выбора при отсутствии формальных доказательств связей привлекаются «убедительно объясняющие» генетические выводы.

Допустим, на рис. 1 изображено сечение через район, где в разрезе известны фосфориты.



Рис. 1. Профиль гипотетического фосфоритоносного бассейна.

в ФБ вышележащие известняки и т. д., вплоть до кристаллического субстрата, т. е. все образования, изображенные на рис. 1. В итоге ФБ предстает в виде сложного геологического тела, состоящего из отложений, возникших «в одном и том же» (по некоторой фиксированной классификации) классе обстановок осадконакопления.

Таким образом, границы ФБ геолог определяет путем последовательного приращения к обнаруженному фосфоритово-

лей (дичей, 1907)
ли которой линии осадков
или-либо отложения. Сказав
ния. Правильность выбора границ ФБ
лишь только многократной проверкой
решимости выбранной модели.

Во всем мире известны различные
месторождений фосфоритовых пластов.
Понятие о месторождении фосфоритов
на котором добыча фосфоритов. Для
целью выработку фосфоритовых пластов
наблюдается целая гамма процессов
руднения и богатых. По сути для ФБ
или фосфоритов большого размера, на
ФБ не является стандартным объектом
обусловленные существованием ФБ
гипотезы. Эти пробелы в трактовке ФБ
на эталонной модели первоначально ФБ
либо поисковые работы широко ведут в
районах (Сибирь и Дальний Восток) с
решения изучения [50], можно долго
распространения именно «бедных»
так и не зная, каковы возможности

труд.
Сведения о закономерности
ритов можно подразделить на 3 группы:
в генетических и исторических терминах
называемые «условия образования». Это
способ сообщения, который, однако, имеет
способ истолкования; 2) объяснение
логического) характера. Эти сведения
что интерпретируются не всегда
очередь относятся ассоциативные
деляемые на сложных тела, например,
ритоносным формациями; 3) объяснение
тел. Эта часть сведений качественно
и требует обычно лишь количественных
разные литологические и минералогические
которых, по сути дела, является
ские», «палеогеографические», «стратиграфические»,
номерности, в осредненной или
творяющие литолого-минералогические
использовать все 3 группы сведений
твистность желательна определить

Для рассмотренных общих закономерностей
гатель осадочных фосфатных руд как в
структурно-вещественных терминах

ности нового класса в качестве
в основном является про-
эталонных моделей осу-
— описании известных
Выбор объектов для компо-
объема стратигра-
фосфатных геологических
достаточно строго обос-
исходя из соображений
т. е. на основе гене-

для выделения эталонных
«бассейн» (ФБ),
строения фосфорито-
ФБ понимается как область
фосфоритовых пластов,
«связанными» с ними
условной ли-
Означено, что в материал
с фосфоритами»
более древ-
Однако вопрос этот
исключаются
опасность,
объекты могут быть
оправдания
связей прив-
генетические выводы.
через район, где
считать геологи-
телом, которое мож-
бы описать понятие
ФБ? В первую очередь
тело, включающее
фосфориты. Но оче-
видно, что такое понятие о
ФБ будет слишком бедным
и малоэффективным. Его
расширить, включив
т. д., вплоть до кристалли-
образования, изображенные на
сложного геологического
возникших «в одном и том
классификации) классе

Геолог определяет путем пос-
обнаруженному фосфоритово-

му пласту (пачке) ближайших и все более отдаленных сосе-
дей (пачек, толщ, массивов), пока не достигается граница,
за которой данный исследователь категорически не видит ка-
ких-либо отложений, связанных с процессом фосфатообразова-
ния. Правильность выбора границ ФБ может быть обосно-
вана только многократной практической проверкой целесооб-
разности выбранной позиции.

Во всем мире известно небольшое количество крупных
месторождений высококачественных пластовых фосфоритов.
Понятие о месторождении означает всего лишь участок ФБ,
на котором добыча рентабельна. Для сопоставлений, имеющих
целью выработку направлений поиска, оно не подходит. В ФБ
наблюдается целая гамма переходов от участков с убогим
оруденением к богатым. По сути дела ФБ — это месторожде-
ние фосфоритов больших размеров, на котором кондиционные
руды не являются сплошными (пробелы абсолютные или
обусловленные существующим уровнем техники и техноло-
гии). Эти пробелы и разграничивают месторождения. Однако
на эталонной модели перспективного ФБ их тоже надо учесть,
ибо поисковые работы нередко ведутся в плохо обнаженных
районах (Сибирь и Дальний Восток) где, как показывает исто-
рия изучения [50], можно долгое время исследовать области
распространения именно убогих руд или даже «пробелов»,
так и не зная, каковы возможности обнаружения богатых
руд.

Сведения о закономерностях размещения богатых фосфо-
ритов можно подразделить на 3 группы: 1) выраженные
в генетических и исторических терминах и описывающие так
называемые «условия образования». Это очень выразительный
способ сообщения, который, однако, страдает неоднознач-
ностью истолкования; 2) объективно-вещественного (морфо-
логического) характера. Эти сведения настолько «свернуты»,
что интерпретируются не всегда однозначно. Сюда в первую
очередь относятся ассоциативные характеристики, т. е. опреде-
ляемые на сложных телах, например, относящиеся к «фосфо-
ритоносным формациям»; 3) характеристики элементарных
тел. Эта часть сведений качественно является достаточно ясной
и требует обычно лишь количественных уточнений (разнооб-
разные литологические и минеральные характеристики, из
которых, по сути дела, выводятся прочие «стратиграфиче-
ские», «палеогеографические», «тектонические» и т. п. зако-
номерности, в опосредованной или кодированной форме пов-
торяющие литолого-минералогические данные). Нам придется
использовать все 3 группы сведений, хотя в интересах объек-
тивности желателен предпочитать третью.

Для рассмотрения общих закономерностей размещения бо-
гатых осадочных фосфатных руд как в генетических, так и в
структурно-вещественных терминах выбраны работы послед-

материалы по крупнейшим ФБ
известно шесть: пермский ФБ
США; верхнемеловой — палео-
Присредиземноморья (Марок-
Сирия и др.), а так-
ФБ Каратау (Казахстан);
Австралии; верхнерифейско-
ФБ МНР; синийско-кемб-

то, что а) все они оса-
в основной части
более продуктивные. Наи-
фосфатное поле США.
примерно в порядке их

интерес сопоставле-
по возрасту: кембро-
Средней Монголии, Южно-
Австралии. Именно в этом
составу толщах
поиски фосфо-
привлечение к со-
США и южного Присре-
ибо эти, хотя
комплексы об-
сопровождая

МЕХАНИЗМ

компонентов из природ-
химическое
осаждение организмами,
процессов наклады-
переработки
и результат
осаждения во многом
от обстановки, в ко-

различных геологических
серий истолковывается как
механизмов фосфоритооб-
то, как понимается
например, могут зале-
и иметь различный
«механизм образова-

Трудно заранее предугадать, какие условия оказывают влияние на процесс, когда сам процесс представляется или определяется не очень отчетливо. Тем не менее попытки определить условия, влияющие на фосфоритообразование, делаются, и сосредоточены они главным образом в области палеогеографии и геохимии. Что же это за условия?

Практически все исследователи сходятся на том, что выделенные по простиранию фосфориты отлагались на дне мелководных частей морей. Известно, что в виде желваков скопления фосфатных минералов встречаются и в пресноводных отложениях: среди озерных и даже аллювиальных осадков [197]. Скопления фосфатов в пресноводных отложениях, возможно, вовсе нередки, но, вне сомнения, все они характеризуются низкими концентрациями фосфата на промышленно доступный объем пространства.

На основании данных различных авторов нами сделаны заключения о закономерностях размещения фосфоритов крупнейших месторождений мира (табл. 2). Составление подобной таблицы на основании традиционных геологических описаний встречает определенные трудности: в работах можно найти ответы не на все поставленные вопросы (левая вертикальная графа). Кроме того, эти ответы могут быть поняты по-разному; исследователи пользуются различной понятийной базой, причем плохо определенной. Нередко одни характеристики дублируют другие, выводятся из других и т. д. Все это делает таблицу далеко не безупречной, и все же она приносит пользу, хотя бы потому, что представляет данную выборку материалов в виде, удобном для восприятия. Суммируем данные табл. 2 и прокомментируем их.

Форма фосфоритосажающих бассейнов и характеристика прилегающей суши

Очертания палеобассейна, в котором происходило фосфоритонакопление, могут быть установлены лишь в том случае, когда в фосфоритовой пачке и в синхронных ей отложениях присутствуют терригенные компоненты-индикаторы береговой линии, или же по латеральной изменчивости соответственных отложений. В этом отношении материал по большинству крупных фосфоритосных бассейнов оставляет желать лучшего. Относительно полно изучена палеогеографическая обстановка лишь для времени формации Фосфория [163, 177, 178, 189].

Большинство авторов определяют фосфоритосажающие бассейны как в той или иной мере ограниченные акватории: проливнообразные или заливнообразные. Подобная характеристика, однако, практически ни о чем не говорит, так как геология пока не располагает возможностями в ископаемом

Таблица высказываний (выборочных) об индикаторе

Характеристики	Н. М. Страхов [126, 127]	А. И. Смирнов [121, 127]
1	2	3
Форма бассейна и характер окружающей суши	Слегка замкнутое море, шельф	
Глубина и положение зоны фосфатонакопления по отношению к берегу	Мелководная неритовая	Мелководная
Тенденция развития бассейна во время фосфатосаждения	Трансгрессия	
Зона тектонического районирования		
Климат зоны фосфатосаждения	Теплый аридный	
Климат питающей провинции	Аридный гумидный	
Характеристика наддонных вод в зоне осаждения фосфатов	Начальная стадия осолонения	
Основные компоненты фосфоритоносных свит (или типы формаций)	Доломиты, кремнистые породы, известняки	Кремнисто-доломитовые, терригенно-карбонатные, карбонатные
Положение фосфоритов в горизонтальной последовательности пород	Со стороны континента красные и соленосные отложения, со стороны моря — карбонаты	
Положение фосфоритов в вертикальной последовательности пород		
Процесс выпадения фосфатов в осадок	Химическое выпадение из наддонных вод вследствие пересыщения при испарении	Химическое выпадение вследствие подщелачивания морских вод водами коры выветривания эффузивов
Факторы рудообразования	В аридных зонах — первичное осаждение, в гумидных — диагенетическое стягивание	
Непосредственный источник осадочного фосфата	Воды глубинных зон морей и океанов	Глубинные океанические воды

Характеристики	Н. М. Страхов [126, 127]	А. И. Смирнов [121, 127]
Форма бассейна и характер окружающей суши		
Глубина и положение зоны фосфатонакопления по отношению к берегу		
Тенденция развития бассейна во время фосфатосаждения		
Зона тектонического районирования		
Климат зоны фосфатосаждения		
Климат питающей провинции		
Характеристика наддонных вод в зоне осаждения фосфатов		
Основные компоненты фосфоритоносных свит (или типы формаций)		
Положение фосфоритов в горизонтальной последовательности пород		
Положение фосфоритов в вертикальной последовательности пород		
Процесс выпадения фосфатов в осадок		
Факторы рудообразования		
Непосредственный источник осадочного фосфата		

Классификация (выборочных) об индикатор

Классификация залежей богатых фосфоритов

	А. И. Смирнов [121, 127]	В. С. Шатский [143]	А. В. Казаков, Б. М. Гимельфарб [65, 37]	Г. И. Бушинский [23]
	3	4	5	6
Мелководная	Мелководная	Море, примыкающие к полярной суше, вулканические	Открытое море, удлиненный бассейн	Полузакмнутые моря, примыкающие к равнинам
			Мелководная неритовая	Мелководная (5—100 м) с энергичным движением вод
			Начало трансгрессии, начало и зрелая стадия геосинклинального развития	Регрессия, обмеление и осушение на фоне общей трансгрессии
		Внешние и внутренние системы геосинклиналей, краевые прогибы, склоны платформ	Склоны поднятий в геосинклиналиях, склоны красных прогибов, синклиналильные участки	Подвижные платформы, стабильные участки миегосинклиналей
		Жаркий, влажный		Теплый аридный
			Нормальная соленость, pH > 7	Начальная стадия осолонения
	Кремнисто-доломитовые, терригенно-карбонатные		Кремнисто-карбонатные	Кварцевый материал, бескарбонатные глины, сланцево-кремнисто-доломитовые, кремнисто-сланцево-известняковые
		Синхронные вулканогенным толщам, кремнистым толщам, красноцветным терригенным и области денудации, где идет выветривание		Со стороны берега — терригенный грубый материал, доломиты; к морю — карбонатные, глинистые, кремнистые отложения
			Между существенно кремнистыми и существенно карбонатными, среди карбонатных пород	Между кремнисто-глинистыми сланцами внизу и доломитами сверху
	Химическое выпадение вследствие подщелачивания морских вод водами моря выветривания эффузивов	Химическое осаждение из наддонных вод	Химическое осаждение вследствие потери водами CO ₂	Химическое выпадение из пересыщенных иловых вод, куда P доставляется отмершими организмами
			Первичное осаждение, сортировка	Диagenез, перемыв волнами с выносом нефосфатных компонентов
	Глубинные океанические воды	Подводный вулканизм, выветривающаяся суша, воды океанов	Воды глубинных зон морей и океанов	Речной принос с гумидных равнин, возможно, глубинные воды морей; организмы

Характеристики	Н. А. Красильникова [75, 76]	В. П. Казаринов [66]
7	8	9
Форма бассейна и характер окружающей суши	Заливо- и проливнообразные участки морей, окруженные плоской суши	
Глубина и положение зоны фосфатонакопления по отношению к берегу	Мелководная	
Тенденция развития бассейна во время фосфатосаждения	Трансгрессия	Трансгрессия в начальной стадии орогенной активности
Зона тектонического районирования	Начальные этапы эвгеосинклинального развития, средние этапы миеосинклинального, подвижные платформы, склоны внутригеосинклинальных поднятий	
Климат зоны фосфатосаждения	Гумидный (в древнейшие эпохи)	Гумидный теплый и жаркий
Климат питающей провинции		
Характеристика наддонных вод в зоне осаждения фосфатов	Воды обогащены фосфатами	
Основные компоненты фосфоритносных свит (или типы формаций)	Терригенио-карбонатные, терригенио-карбонатно-кремнистые, карбонатно-кремнистые	Кремнисто-карбонатные и содержащие компоненты «высокозрелых» пород
Положение фосфоритов в горизонтальной последовательности пород		
Положение фосфоритов в вертикальной последовательности пород		
Процесс выпадения фосфатов в осадок	Химическое выпадение из наддонных вод, биогенные процессы	Химическое выпадение из пересыщенных вод, соосаждение с другими веществами
Факторы рудообразования	Диagenез, перемыв с вмесом нефосфатных компонентов	Первичное осаждение и проч.
Непосредственный источник осажденного фосфата	В докембрийское время — вулканизм, позже — глубинные воды морей и океанов	Речной принос с равнин, на которых формируются коры выветривания

В. П. Казаринов [66]
9
Трансгрессия в начальной стадии орогенной активности
Тропический теплый и жаркий
Кремнисто-карбонатные и содержащие компоненты «высокозрелых» шрифт
Химическое выпадение из пересыщенных вод, соосаждение с другими веществами
Первичное осаждение и проч.
Речной принос с равнин, на которых формируются коры выветривания

Э. Т. Дегенс [42]	В. Е. МакКелви [175, 176]	А. Ф. Дж. Нотольт [183]
10	11	12
Углубление моря в местах аподивности	Приконтинентальные части океана и крупные средиземные моря близ равнины	Отшнурованные части моря, шельф
Намеченно глубокие	Мелкие и средние глубины близ побережий	Мелководная, удаленная от берега неритовая зона
	Трансгрессия	Трансгрессия
	Стабильные площади на краю платформ	Склоны конседиментальных впадин на платформах; поднятия в геосинклиналях
	Климат низких широт	
	Засушливый	
Воды с обильным планктоном	Нормальной солености	
	У западных побережий континентов — глинисто-карбонатные сланцы с кремнями, доломиты, известняки доломитовые, у восточных побережий — известняки, песчаники	Углистые и битуминозные, сланцы (алеволигиты), пластовые кремнистые породы (вне эффузивов), карбонаты
	Между темными глинисто-карбонатными сланцами (со стороны моря) и кремнями с доломитами ближе к берегу	
Замещение карбонатов карбонат-фторapatитом	Химическое и биогенное осаждение из наддонных вод	
	Переработка течениями или выветриванием	
Глубинные воды морей	Глубинные воды океана	

Характеристики	М. Сланский [194]	Эль-Тарабили [195]
13	14	15
Форма бассейна и характер окружающей суши	Заливы, свободно связанные с глубоким морем	Западный склон залива открытого моря
Глубина и положение зоны фосфатонакопления по отношению к берегу	Впадины на мелководье вблизи пелагической зоны в удалении от берега	Некоторое удаление от берега; глубины 200-400 м, ниже уровня действия волн
Тенденция развития бассейна во время фосфатосаждения		
Зона тектонического районирования	Зоны малых мощностей, стабильные зоны	Теплый
Климат зоны фосфатосаждения		
Климат питающей провинции		
Характеристика надлонных вод в зоне осаждения фосфатов		С повышенным содержанием фосфора — в 2-10 раз против кларка, обильный планктон, высокое содержание CO_2 , окислительная обстановка
Основные компоненты фосфоритносных свит (или типы формаций)	Известняки, доломиты, кремни, глинистые сланцы, магнезиальные глины, отложения с пелагической фауной	Глинистые сланцы, карбонаты
Положение фосфоритов в горизонтальной последовательности пород		
Положение фосфатов в вертикальной последовательности пород		
Процесс выпадения фосфатов в осадок		
Факторы рудообразования		
Непосредственный источник осажденного фосфата		

16	17	18
Площадь бассейна	Площадь бассейна	Площадь бассейна
Зона тектонического районирования	Зона тектонического районирования	Зона тектонического районирования
Климат зоны фосфатосаждения	Климат зоны фосфатосаждения	Климат зоны фосфатосаждения
Климат питающей провинции	Климат питающей провинции	Климат питающей провинции
Характеристика надлонных вод в зоне осаждения фосфатов	Характеристика надлонных вод в зоне осаждения фосфатов	Характеристика надлонных вод в зоне осаждения фосфатов
Основные компоненты фосфоритносных свит (или типы формаций)	Основные компоненты фосфоритносных свит (или типы формаций)	Основные компоненты фосфоритносных свит (или типы формаций)
Положение фосфоритов в горизонтальной последовательности пород	Положение фосфоритов в горизонтальной последовательности пород	Положение фосфоритов в горизонтальной последовательности пород
Положение фосфатов в вертикальной последовательности пород	Положение фосфатов в вертикальной последовательности пород	Положение фосфатов в вертикальной последовательности пород
Процесс выпадения фосфатов в осадок	Процесс выпадения фосфатов в осадок	Процесс выпадения фосфатов в осадок
Факторы рудообразования	Факторы рудообразования	Факторы рудообразования
Непосредственный источник осажденного фосфата	Непосредственный источник осажденного фосфата	Непосредственный источник осажденного фосфата

Столбец 1	Эль-Тарабили [195]	В. И. Покрышкин [195]	В. Г. Сагунов [113]	Ривис, Саади [187]	А. В. Ильин [59, 60]
15	15	16	17	18	19
Западный склон залеза открытого моря	Западный склон залеза открытого моря		Полузакмнутые, отпущурованные, проливообразные части шельфовых морей		Пролив шириной 120—150 км, окруженный низкой выровненной сушей и связанный с открытым морем
Некоторое удаление от берега; глубины 200—400 м, ниже уровня действия волн	Некоторое удаление от берега; глубины 200—400 м, ниже уровня действия волн	Прибрежное мелководье	Прибрежное мелководье	Мелководье на краю шельфа	Между прибрежной и осевой зонами пролива, на значительном расстоянии от берега, ниже зоны взмучивания
Замедления трансгрессивного этапа		Обмеление на фоне крупной трансгрессии	Обмеление на фоне крупной трансгрессии	На стабильном этапе развития	Начальные этапы трансгрессии
Склоны прогибов и поднятий на платформе	Теплый	Пассивные зоны (этапы развития) геосинклиналий	Пассивные зоны (этапы развития) геосинклиналий	Шельф	Склон унаследованного геосинклиналийного прогиба
Аридный	Теплый	Теплый	Теплый	Жаркий аридный	Теплый гумидный
Гумидный		Гумидный	Гумидный		Теплый гумидный формирующий кору выветривания
С повышенным содержанием фосфора — в 2—3 раз против кларка, повышенный фланктон, высокое содержание CO ₂ в морской воде, обстановка	С повышенным содержанием фосфора — в 2—3 раз против кларка, повышенный фланктон, высокое содержание CO ₂ в морской воде, обстановка	Нормальной солености		Окислительная обстановка, относительно высокие Eh и pH	Несколько выше нормальной солености
Терригенно-кремнистые, карбонатные, кремнисто-известняковые, известково-мергелистые, кремнисто-терригенно-мергельно-известковые		Сланцево-кремнисто-доломитовые, терригенно-карбонатно-кремнистые, карбонатно-кремнистые	Сланцево-кремнисто-доломитовые, терригенно-карбонатно-кремнистые, карбонатно-кремнистые	Известняки, глины, кремни, черные глинистые сланцы	Кремнисто-доломитовые, терригенно-карбонатные
Между терригенной (нубийской) формацией внизу и известковой сверху				Между кремнями и известняками	
					Между известняками и доломитами (последние ближе к берегу), между обломочными (ближе к берегу) и кремнистыми породами (дальше от берега)
		Химическое выпадение, осаждение организмами, биохемогенные процессы		Биохимическое осаждение при незначительном понижении pH и повышении Eh	Между терригенно-вулканогенной и карбонатными сериями, в низях карбонатной
		Интенсивный перемыв			Химическое выпадение при периодическом насыщении вод фосфатами
		Вынос реками, глубинные воды морей, массовая гибель биосы, вулканические процессы		Глубинные воды океана	Первичное осаждение, диагенетическое стягивание

крытого океана. В отложениях же моря, в ограниченных частях океана, всегда при желании можно найти признаки близости берега. Моря по определению являются проливами или заливами океана, а только с ними и имеет дело геология континентов. Поэтому данное определение имеет смысл лишь при уточнении размеров тех заливов и проливов, в которых могли возникнуть фосфориты.

Заключение об удлинении очертаний фосфатотлагающих бассейнов выводится из конфигурации среза фосфатоносных отложений современной поверхностью [37, 59]. Однако связи между формой бассейна и формой контура фосфоритоносности может не быть никакой. Это прекрасно видно на палеогеографических картах для пермского Западного фосфатного поля США [174], на картах распределения современных или мел-палеогеновых североафриканских фосфоритов ([175], фиг. 2, [190], фиг. 3, 4, 11). Точнее говоря, контуры зоны фосфоритоносности лишь грубо повторяют очертания береговой линии. Поэтому первичные очертания области фосфатонакопления всегда должны быть в какой-то степени удлиненными, за исключением разве тех случаев, когда бассейн являлся изометричным и почти повсеместно мелководным. В таких бассейнах зоны фосфатонакопления расплываются по широкой площади (мезозой стабильной Русской платформы), а ресурсы фосфатов соответственно «размазываются» и в итоге возникают лишь желваковые руды. Для образования же богатых зернисто-пеллетных и сплошных руд требуется концентрация ресурсов бассейна в более узкой зоне, хотя ширина ее в абсолютных цифрах может быть значительной — порядка трехсот километров ([190], фиг. 8, 11). Естественно, в более подвижных областях, приближающихся к геосинклинальным, резкие наклоны дна обусловят более узкие зоны фосфатонакопления, а тем самым большую их вытянутость.

Однако при однотипности состава отложений в разных частях бассейна мало оснований считать, что полосы выходов фосфоритов в современном срезе обозначают разные берега бассейнов, как это интерпретировано для Хубсугульского ФБ [59, 60]. Здесь эти полосы (западная и восточная) разделены расстоянием в 120—150 км, причем между ними (в центральной части этого района, имеющего синклинирное строение) низы карбонатной серии, к которой приурочены фосфориты, обнажены чрезвычайно ограничено. Посему неясно, удалось ли в действительности наблюдать эти низы или же здесь видны только более верхние горизонты. Кроме предполагаемой смены доломитов известняками (по наблюдениям лишь в одном сечении через бассейн), более резких изменений литологии фосфоритоносной свиты не отмечается. Опыт же

бы распознавать отложения от
не на морей, т. е. в какой-то мере
иногда при желании можно най-
и. Море по определению является
и, а только с ними и имеет де-
этому данное определение имеет
иногда тех заливов и проливов.

иногда окрестной фосфатотлагаю-
иногда срезом фосфатонос-
иногда [37, 59]. Однако
иногда в фактической контура фосфорито-
иногда. Это прекрасно видно на
иногда меридионального Западного фос-
иногда распределения современ-
иногда фосфоритов
иногда. Точнее говоря, контуры
иногда, более достоверно очерчивания
иногда очерчивания области фос-
иногда быть в какой-то степени
иногда не случаев, когда бас-
иногда известно мелковод-
иногда расплыва-
иногда Русской
иногда «размазы-
иногда руд. Для об-
иногда в сложенных руд
иногда в более узкой
иногда может быть зна-
иногда (190), фиг. 8, 11).
иногда, приближающихся
иногда обусловят более
иногда большую их вы-

иногда отложений в разных
иногда считать, что полосы выхо-
иногда обозначают разные
иногда для Хубсугуль-
иногда (западная и восточная)
иногда их, причем между ними
иногда, имеющего синклинирное
иногда, к которой приурочены фос-
иногда. Посему ясно,
иногда наблюдать эти низы или же
иногда горизонты. Кроме предпо-
иногда (по наблюдениям
иногда), более резких изменений
иногда не отмечается. Опыт же

иногда фосфорийского палеобассейна [174] показывает, что
иногда столь незначительной изменчивости толщи вкострости
иногда мы фактически можем находиться в пределах одной
иногда в той же непрерывной полосы продуктивной пачки.

Более важной характеристикой бассейна, нежели его фор-
иногда, является наличие подъема глубинных вод — апвеллинга,
иногда, свидетельствующего о свободной связи с океаном или о со-
иногда, в составе с глубокими частями моря. Фосфатоносны те участки,
иногда, где проявился апвеллинг. Эта характеристика как бы проти-
иногда, противит мнению об удлиненной, проливнообразной форме мо-
иногда, рдей, отлагавших пластовые фосфориты; в таких морях апвел-
иногда, лингу было бы трудно осуществиться, тем более одновременно
иногда, на оба склона пролива. С другой стороны, как отмечено и в
иногда, [194], пока нет возможности уверенно выявлять районы
иногда, палеоапвеллинга. «Открытая связь с океаном» при отсутст-
иногда, вии практической возможности устанавливать именно океани-
иногда, ческие осадки — всего лишь объяснительное высказывание,
иногда, но не модель. Поэтому предпочтительнее при палеогеографи-
иногда, ческих построениях для прогноза фосфоритоносности просто
иногда, стремиться выявить положение береговой линии значительной
иногда, (многие сотни километров) протяженности в пределах низких
иногда, палеоширот. Если она, к тому же, имеет субпалеомеридио-
иногда, нальное простирание, то это — дополнительный плюс к харак-
иногда, теристике, хотя и не обязательный.

Питающая провинция, примыкающая к такой береговой
иногда, линии, всеми определяется как «низкая суша», «равнина»,
иногда, т. е. область, с которой поступает мало терригенного матери-
иногда, ала. Ее можно интерпретировать и как область, где преобла-
иногда, дают процессы выветривания; такие области чаще всего распо-
иногда, ложены в зонах теплого климата с достаточной влажностью и
иногда, лишь отчасти лежат в пределах аридных зон. В вещественных
иногда, терминах это означает связь фосфоритов с тонкокластически-
иногда, ми или химически переотложенными продуктами коры вывет-
иногда, ривания, а возможно, и вообще отсутствие терригенных ком-
иногда, понентов или их незначительное количество. Однако малое
иногда, количество тонкого терригенного материала может перенос-
иногда, иться на очень большие расстояния, быть следствием золо-
иногда, вых, циклонических заносов и т. п. На схеме Р. Шелдона
иногда, [189, с. 143], например, в вертикальной колонке моменту мак-
иногда, симального удаления от берегов отвечают глинистые сланцы.
иногда, Известно, что хемогенные фосфориты считают очень медленно
иногда, отлагающимися [37 и др.]. Поэтому такие примеси, которые
иногда, в других условиях играют ничтожную роль по сравнению
иногда, с быстро накапливающимися компонентами, в фосфатных
иногда, пачках становятся заметными. Вряд ли верна иногда встреча-
иногда, ющаяся характеристика питающей провинции как суши, «не-
иногда, дающей терригенного материала». Последний часто служит
иногда, единственно надежным индикатором берега в морских отло-

...вообще чрезвычайно
...суши. Кроме того,
...самим морем
...материала, чем аллю-
...предположения
...некоторого миниму-
...Для таких
...Алтае-Саянский,
...фосфоритов
...обоснованы.

Зона (ЗФ)

...береговой линией и обра-
...Высказывания
...от «прибрежной», т. е.
...удаление от берега». В целом
...ЗФ все
...как угодно.
...фрагментов фос-
...исследователи
...удаленную от бере-
...Согласно модели
...должны
...и кроме того, пере-
...[176 и др.]. Следова-
...признак зон фос-
...в позициях апвеллин-
...апвеллинга, как видно
...([176], фиг. 2),
...такой модели на геоло-
...древнейших отложений,
...на трактовке круп-
...на определении сте-
...некоторых компонентов
...что следствия бли-
...следствиями расположения
...вдали от берегов, а кро-
...псевдообломочных тек-

...продуктивного века для
...заключить только, что
...бассейна граничила с от-
...его поднятиями (остров-
...в северо-востока — пред-
...массивом суши, но этот

...массив в осадках фосфоритоносного бас-
...себя никак не проявил. Карбонатные разрезы месторож-
...Хубсугульского бассейна также не содержат материа-
...Безоговорочно свидетельствующих о близости суши. Те-
...значительные прослой глинистых и мергелистых пород
...полоса пачки конгломератов, которые присутствуют
...этих разрезах, могут интерпретироваться не только как
...близлежащей суши, но и как признаки неоднород-
...внутрибассейнового рельефа, течений и т. п.

...Огромная мощность отложений, выполняющих Хубсугуль-
...крат (около 8000 м), вынуждает предполагать, на слу-
...его трактовки в виде пролива, очень активный и, скорее
...разломный характер его ограничений. Но такое заклю-
...противоречит чисто карбонатному составу отложений
...фосфоритоносной) половины разреза, свидетельст-
...или о значительном удалении больших массивов су-
...или о совершенно ином тектоническом развитии и конту-
...бассейна. Даже если и предположить, что суша, сосед-
...стоящая с ХБ, где накапливались фосфориты, была очень
...низкая, то все равно ограниченность размеров фос-
...фатонакапливающего бассейна и медленность накопления
...фосфоритов должны были бы привести к относительному оби-
...терригенного материала в фоссериях, чего в Каратауском
...Хубсугульском бассейнах практически не наблюдается.
...Если говоря, терригенный материал здесь коррелируется
...фосфоритами не очень ясно.

В итоге сформулировать общие черты той части морского
...Бассейна, где происходит фосфоритообразование, пока можно
...только так: это мелководная область, располагающаяся по
...соседству с глубоководной; непосредственная близость бере-
...по-видимому, не обязательна. Однако, естественно, мелко-
...водные зоны геосинклинальных морей скорее всего будут
...тяготеть к берегам, представляя собой область узких шель-
...фов. В принципе же мелководные продуктивные зоны могут
...располагаться и во внутренних, удаленных от берегов частях
...морей.

Глубина бассейна в зоне фосфатонакопления

Крупнейшие месторождения фосфоритов Северной Амери-
...Северной Африки и Ближнего Востока возникали в шель-
...фовых зонах. Фосфатоносные отложения обычно рассматри-
...ваются как «мелководные». Г. И. Бушинский определяет глу-
...бины в ЗФ от 5 до 100 м, Эль-Тарабили — 200—400 м,
...А. В. Ильин — как «значительные» (относительно прибреж-
...ных частей), Э. Дегенс — как «умеренные» (см. табл. 2).
...Отсутствуют указания на явную глубоководность осадков, за

исключением работы В. Е. МакКелви и др., где глубины отложения фосфоритов формации Фосфория допускаются до 1000 м [175, 189].

Высказывания о глубинах в зонах фосфатонакопления подытожены в статье К. Дж. Бромлея [156]. Сделан вывод, что в открытых морских бассейнах фосфаты отлагаются только на малых глубинах — не более 300 м, а глубины всего бассейна должны быть значительно менее 1000 м. В замкнутых бассейнах фосфатные желваки могут возникать в осадках и более глубоких вод, а также в лагунах, но эти процессы по К. Дж. Бромлею, не представляются важными для формирования промышленных залежей фосфоритов.

Глубины фосфатонакопления определяются главным образом по содержащимся в фосфоритах и ассоциирующим с ними породам водорослям, знакам волнения (таковые прекрасно наблюдаются, например, в каратауских фосфоритах), следам течений. Эль-Тарабили определил глубины косвенно, по течению, действующим в ЗФ ([195], фиг. 8). Другие определения глубин ЗФ исходят главным образом из представлений о механизме фосфоритообразования. Определение «ниже зоны взмучивания» для Хубсугульского бассейна, возможно, появилось просто из-за недостаточности фактического материала; например, волноприбойные знаки в фосфоритах Каратау отыскиваются далеко не сразу. В целом характеристика глубин в ЗФ дается в общем виде, и практическое ее значение в основном негативное — при поисках избегать глубоководных (более 500 м) отложений.

О тенденциях развития бассейна в периоды фосфатонакопления

Как можно видеть по табл. 2, ряд исследователей считают, что фосфориты возникают на трансгрессивных этапах развития бассейна. Более детальные исследования на первый план выдвигают регрессии, но опять же на фоне общетрансгрессивного развития. Генетическая сущность связи фосфоритов с трансгрессиями неясна [36], но эмпирически эта закономерность широко постулируется. Применение ее в практике прогнозирования, однако, приводит как к успехам, так и к ошибкам.

Частая связь фосфоритов с экстремальными моментами развития бассейнов (трансгрессия или регрессия), надо думать, является не факторной, а интерпретационной, т. е. выводится из других положений, и прежде всего из разобранных особенностей положения ЗФ — на мелководье. Дело в том, что, видимо, осаждение фосфатов происходит в довольно узком интервале глубин и эволюция бассейна сильно скачивается на расположении этого интервала. Накопление же

и др., где глубины от 10 до 100 м допускаются для фосфатонакопления по [56]. Сделан вывод, что фосфаты отлагаются только на глубинах всего бассейна до 1000 м. В замкнутых бассейнах фосфаты возникают в осадках, но эти процессы являются важными для формирования фосфоритов.

Считается главным образом в ассоциирующихся с ними фосфоритах), следом фосфоритов, по тем же данным. Другие определения из представлений «ниже зоны», возможно, появились из материала; в фосфоритах Каратау характерна глубоковод-

... считают, ... этапах разви- ... на первый план ... общетрансгрессив- ... фосфоритов с ... эта закономер- ... ее в практике ... и успехам, так и к ... моментами ... регрессия), надо ду- ... тациональной, т. е. вы- ... всего из разобран- ... — из мелководье. Дело ... происходит в доволь- ... бассейна сильно ска- ... интервала. Накопление же

фосфориты осадков может происходить в более широком диапазоне условий — вблизи и вдали от берега, на глубинах от нескольких метров до более чем 1000 м. Отсюда нетрудно понять, почему, например, фосфориты могут слагать однородные толщи значительной мощности: расстояние до берега и изменение глубин здесь не играет роли. Но нам неизвестны не только мощные толщи фосфоритов, а даже хотя бы толщи сплошь повышенных фосфатных пород. Фосфатные участки разреза всегда относительно маломощны, хотя могут часто повторяться. Это наводит на мысль о том, что зоне фосфатоосаждения, видимо, не приходится долго задерживаться на месте. При малейшем изменении глубин ЗФ перемещается на новый участок. Поэтому широко отмечено «скольжение» «фосфатных фаций» во время [65 и др.].

Легко представить, что при необходимости в общем занимать узкий диапазон глубин ЗФ должны располагаться прежде всего в тех частях плоского геологического тела, отложенного морским бассейном, которые тяготели к прибрежным или внутривоспещенным отмелевым участкам. В общем плане осадочные формации стабильных зон (а именно они промышленно фосфатносы) по форме являются крупными линзами (в том числе усеченными линзами). Вертикальные или крутые боковые границы у фосфоритоносных толщ исключаются; таковые могут возникать только вдоль разломных зон, где фосфориты были бы вытеснены другим материалом (вулканическим, обломочным, рифогенным и т. п.). Видимо, фосфориты вообще могут возникать как при трансгрессиях, так и при регрессиях. Это те процессы, которые в одинаковой мере приводят к тому, что в бассейне возникают мелководные участки. Однако, скорее всего, большинство бассейнов развивается несимметрично. Нами обычно фиксируется лишь трансгрессивная часть геологической истории, выраженная отложениями наступающего бассейна. При регрессиях, т. е. при сокращении акватории, вероятность сохраниться больше у тех отложений моря, которые находятся на некотором удалении от берега. Прибрежные (периферические) осадки предыдущего этапа (т. е. как раз фосфоритоносные) более подвержены разрушению, так как оказываются поднятыми выше уровня моря. Наступая, бассейн запечатывает то, что им было отложено. Отступая, он уничтожает часть осадков последнего этапа. Поэтому, скорее всего, при отступании морей в тех частях их отложений, которые имеют больше шансов сохраниться, можно рассчитывать найти главным образом переотложенный фосфатный материал. Кроме того, нередко сокращение бассейна или уход его из данной области может совершаться более ускоренным темпом, чем трансгрессия. Это тоже отрицательно сказывается на регрессивном фосфатонакоплении.

Чтобы фосфаты успели накопиться, зона мелководья (при всех прочих факторах) должна передвигаться достаточно медленно.

Неудачи в использовании признака трансгрессивности отмечены в [50], связаны, скорее всего, с произволом в определении понятия о трансгрессии. По определению [34] это процесс наступления моря на сушу. Трансгрессия улавливается по смене мелководных отложений глубоководными снизу вверх. Однако сама эта последовательность еще не доказывает наступления моря, перемещения берега в глубину суши. Она может возникнуть и в результате некомпенсированного прогибания — без изменений площади акватории. С другой стороны, регрессия часто определяется всего лишь по появлению флювиальных отложений, а также при смене обстановки

растения акватории — вследствие общего обмеления, которое не следует путать с регрессией — отступлением моря. Происходит то же, что и при изучении акцессорных минералов осадочных пород: при палеогеографических реконструкциях обширных областей и корреляции в широких пределах это изучение приносит пользу; но локальные отклонения при детальном исследовании часто настолько значительны, что эффективность метода оказывается сомнительной [41, с. 173]. Кроме того, тело, отложенное бассейном, обычно подразделяется на несколько формаций, при этом единая закономерность — положение ЗФ на периферии всей толщи отложений данной бассейна разрушается; фосфориты оказываются в трансгрессивной части одной формации и в регрессивной — в другой.

Вследствие всего этого предпочтительнее опираться на более непосредственные индикаторы глубин. Кроме того, часто забывается, что трансгрессия, сопровождаемая изменением глубин, должна происходить достаточно медленно. Налегание некоторых карбонатных геосинклинальных толщ на фундамент не обязательно будет сопровождаться фосфоритами. Пример тому — налегание доломитов рифейской голоуспенской свиты Западного Прибайкалья на кристаллические породы. Если исходить из представлений о связи фосфоритов с трансгрессией, здесь как раз и надо искать фосфориты: учитывался «трансгрессивный характер» свиты [80, с. 224]. Однако это, видимо, была ингрессия. Голоуспенское море так быстро залило сушу, что даже не успело размыться, выступили большие площади — ингрессировали, но глубины нарастали здесь, видимо, так медленно, что процессы фосфоритообразования успевали оставить заметные следы. Поэтому

мелководья (признаки трансгрессивности лучше всего и проявляет себя на мелководьях) — достаточно

Так, можно предположить, что фосфориты при трансгрессивности в регрессиях возникают вследствие установления благоприятных малых глубин на том или ином участке бассейна. По определению [34] такое залегание достаточно длительное время в условиях значительного ввоза нефосфатного материала. Наиболее благоприятна, видимо, та зона комплекса морских отложений, которая образовалась на трансгрессивном «плече» истории бассейна. В структурно-вещественных терминах это означает, что подавляющее большинство крупных фосфоритовых месторождений пластового типа залегает в основании либо более или менее мощной однородной серии отложений, залегающей на литологически резко отличающейся от нее сформированной тем же бассейном. Возникновение такой серии (чаще всего карбонатной) может, однако, и не означать расширения (трансгрессии) бассейна. Она может возникнуть лишь в результате перестройки области сноса, гидрологического режима и т. д. Разумеется, часто эта перестройка может сопровождаться изменением контуров бассейна и некоторых подвижек, которые приводят к появлению локальных несогласий. Но морской бассейн в принципе остается на том же месте. Поэтому перечисленные условия — начало периодов широкого обмеления, перерывы, те или иные этапы трансгрессий и регрессий — могут быть заменены единой более общей формулировкой: все это условия, приводящие к резкой смене преобладающего типа осадков.

Условия среды фосфоритообразования

Наиболее благоприятным моментом для образования фосфоритов, исходя из истории крупных фосфоритовых бассейнов, является момент перехода к отложению карбонатных осадков. Если в ЗФ и до этого формировались карбонаты, как, например, в разрезах Горной Шории (Сибирь), то в них должны возникнуть неоднородности состава, новые геологические границы, переходные от одного типа породы к другому, например от доломитов к известнякам. В формации Фосфоритовая и на египетском месторождении Сафага-Коссеир богатые фосфориты содержатся и в глинистых породах. Но подавляющее большинство фосфоритов неплатформенного типа залегает в виде полулатформенного облика связано именно с карбонатными отложениями.

Режим осадконакопления приходится трактовать противоречиво. С одной стороны, фосфориты тяготеют к зонам малых мощностей свит, и многие залежи явно антагонистичны терригенному материалу. С другой, основные богатые пласты нередко имеют кластический облик, признаки большой подвижности вод. Сочетание таких явлений в одном месте может

говорить о некоторой удаленности берегов и малом количестве привноса, но в то же время мелководности, ибо подвижность вод в зоне фосфоритообразования была достаточной для того, чтобы перерабатывать на кластику (иногда довольно грубую) формирующиеся здесь же хемогенные и биогенные осадки. Близость континента при такой подвижности вод, скорее всего, обеспечила бы привнос обильного терригенного материала.

Чистота кластических фосфоритов (если это действительно седиментационные породы) и сокращенные мощности сводят к обстоятельному перемию осадка, являющемуся рудообразующим фактором. Считается, что именно эти перемины освободили залежи фосфатных зерен от большей части пелитового и псаммитового материала. Но заметим, что при длительных перемивах фосфориты почему-то не обогащаются тяжелыми кластическими минералами.

pH среды фосфоритообразования выводится из экспериментальных расчетов, аналогий и состава фосфатноносных осадков. В [159] среда фосфоритообразования определяется как щелочная (из-за присутствия кальций-иона) с $pH=8-8,3$; по Э. Дегенсу [42] $pH=7$, воды насыщены Са по отношению к HCO_3 ; Р. Гульбрандсен [166] отмечает, что среда должна быть окислительная, иметь повышенные pH и солесодержание; Е. Крессман и Р. Свенсон [163] полагают, что фосфориты возникают в бедной кислородом среде с $pH=7,8-8$. Л. С. Михайлов [93] дает более детальные расчеты pH в эпохам от рифея по современную: с 7 до 8,1.

Судя по ассоциации фосфоритов с водорослевыми известняками и доломитами, по положению фосфоритоносных бассейнов на периферии солеродных областей, наконец, по аналогии с современным расположением фосфатноносных осадков и определениям палеоширот [190], фосфориты, по крайней мере богатые, явно предпочитают теплые воды. Это признается всеми единодушно.

Таковы физико-химические условия, в которых идет фосфатоосаждение. Учитывая противоречия, можно определенно говорить лишь о пяти обязательных условиях: малые глубины; малое влияние области сноса; теплые воды; нейтрально-слабощелочная среда; слабое, медленное прогибание дна бассейна с периодическими движениями обратного знака, возвращающими его в диапазон требуемой глубины, являющейся функцией комплекса прочих обстоятельств.

О тектонической характеристике зон фосфатонакопления

Предложено несколько классификаций позиций фосфоритовых месторождений в тектоническом аспекте. Некоторые из основных высказываний по этому вопросу сведены в табл. 3.

ГОВОРИТЬ о некоторой удаленности берегов и малом количестве привноса, но в то же время мелководности, ибо подвижность вод в зоне фосфоритообразования была достаточной для того, чтобы перерабатывать на кластике (иногда довольно грубую) формирующиеся здесь же дециметровые и биогенные осадки. Близость континента при такой подвижности вод, скорее всего, обеспечила бы привнос обильного терригенного материала.

Чистота кластических фосфоритов (если это действительно седиментационные породы) и сокращенные мощности свит говорят об обстоятельствах перемирия осадка, являющихся рудообразующим фактором. Считается, что именно эти перемирия освободили залежи фосфатных зерен от большей части пелитового и псаммитового материала. Но заметим, что при длительных перемириях фосфориты почему-то не обогащаются тяжелыми кластическими минералами.

pH среды фосфоритообразования выводится из экспериментальных расчетов, аналогич в системе фосфатоносных осадков. В [159] среда фосфоритообразования определяется как щелочная (из-за присутствия карбонатов) с $pH=8-8,3$; по Э. Дегенсу [42] $pH=7$, вода насыщена Са по отношению к HCO_3 ; Р. Гульбрандсен [160] отмечает, что среда должна быть окислительная, иметь повышенные pH и соленость; Е. Крессман и Р. Свенсен [161] считают, что фосфориты возникают в бедной кислородом среде с $pH=7,8-8,0$; А. С. Михайлов [93] дает более детальные расчеты pH по эпохам от рифея по современности с 7 до 9,1.

Судя по ассоциации фосфоритов с известняками и доломитами, во всем мире фосфоритоносные бассейны на периферии соленых областей, начиная, по аналогии с современным расположением фосфатных осадков и определениям палеоширот [160], фосфориты, по крайней мере богатые, явно предпочитают теплые воды. Это признается всеми единодушно.

Таковы физико-химические условия, в которых идет фосфатоосаждение. Учитывая противоречия, можно определенно говорить лишь о пяти обязательных условиях: малые глубины; малое влияние области свеса; теплые воды; нейтрально-слабощелочная среда; слабое, медленное приближение дна бассейна с периодическими движениями обратного течения, возвращающими его в диапазон требуемой глубины, являющейся функцией комплекса прочих обстоятельств.

О тектонической характеристике зон фосфатонакопления

Предложено несколько классификаций позиций фосфоритовых месторождений в тектоническом аспекте. Некоторые из

Источник	Геосинклиналь	Вид фосфоритов
[143]	Внутренние зоны геосинклиналей	Базисные и платформенные
[37]		Склоновые
[75]	Склоны поднятий, начальные этапы развития геосинклиналей	Склоновые
[176]		
[194]		
[183]	Поднятия	
[113]		Терригенные
[59]		Склоновые
[112]	Геосинклиналь	

В качестве основных distinctions являются промышленные месторождения Н. С. Шатского [143], как наиболее обильные, и остальные авторы выделяют в отдельные трактовки, выделяемые, как правило, приурочивают к наиболее стабильным, как литосферы, т. е. в районах «платформенного» облика. Решение «платформенного» облика, либо же решение альтернативы — платформенные фосфориты перспективнее в отношении платформенные.

Разделение платформенных и геосинклинальных месторождений еще Н. С. Шатским [143] (см. также с. 216), возникло в те времена, когда известно гораздо меньше месторождений

Источник	Геосинклинали		Краевые прогибы	Платформы
[143]	Внутренние зоны геосинклиналей	Внешние зоны геосинклиналей	Краевые прогибы	Склоны платформ
[37]		Склоны поднятий	Склоны краевых прогибов	Синклинальные участки
[75]	Склоны поднятий, начальные этапы развития геосинклиналей	Склоны поднятий, средние этапы развития геосинклиналей		Подвижные платформы
[176]				Стабильные площади на краю платформ
[194]				Очень стабильные зоны
[183]	Поднятия			Склоны конседиментационных впадин на опускающихся участках платформ
[113]		Тектонически пассивные этапы		
[59]		Склон унаследованного прогиба		
[112]	Геосинклинали		Краевые прогибы	Молодые платформы, древние платформы

В качестве основных тектонических зон, в которых наблюдаются промышленные месторождения, взяты подразделения Н. С. Шатского [143], как наиболее общие классы. Уточнения остальных авторов вкладываются в них. При некотором разном трактовке, крупнейшие зоны фосфоритообразования приурочивают к наиболее стабильным, малоподвижным участкам литосферы, т. е. к участкам «платформенного» или «приплатформенного» облика. Разберем сущность этого признака, ибо решение альтернативы — платформа или геосинклиналь — имеет практическое значение: считается, что геосинклинальные фосфориты перспективнее в отношении качества руд, нежели платформенные.

Разделение месторождений фосфоритов на платформенные и геосинклинальные, неясность которого была отмечена еще Н. С. Шатским [143] (см. также [24], с. 140 и [183], с. 216), возникло в те времена, когда во всем мире было известно гораздо меньше месторождений фосфоритов, чем сей-

в известном количестве
либо подвижность
для того,
грубую)
осадки.
скорее все-
мате-

действительно
свит
являющихся
эти пере-
Большой части
что при

обогащают-
из экспери-
фосфоритовых
определяется
с $pH=8$ —
по отноше-
середы
 pH и соле-
фосфо-
 $pH=7,8-8,0$;
 pH по

извест-
бас-
по ана-
осадков
крайней
признает-

идет фос-
определенно
глубины;
слабо-
два бассейна
возвраща-
функ-

фосфорито-
Некоторые из
в табл. 3.

час, а условия их залегания были изучены хуже. Классифицируя эти месторождения по «геотектоническому признаку», получали довольно отчетливый результат: в области древних платформ располагались желваковые фосфориты — относительно бедные, в области геосинклиналей — богатые «пластовые» (правильнее сказать — сплошные) нежелваковые. Разница получилась настолько отчетливой, что тенденция к подобному разделению сохранилась и в настоящее время. Так, в [79, с. 119] сказано: «Фосфоритовые месторождения геосинклинальных областей по составу фосфоритов и соотношению их с вмещающими породами существенно отличаются от платформенных месторождений. Эти различия усугубляются при последующей жизни месторождений».

Это прежде всего проявляется в структурных особенностях месторождений: спокойное залегание пород, в том числе и фосфоритов, в условиях платформенных месторождений и нарушенное... залегание... на месторождениях геосинклинальных».

Приведенное высказывание показывает, что различия между геосинклинальными и платформенными фосфоритами выводятся из различий между платформенными и геосинклинальными вообще. Отсутствие заметных вещественных различий можно заметить в классификации фосфоритовых месторождений в [168, с. 8—9], где по всем основным показателям платформенные и геосинклинальные фосфориты не различаются.

Дело в том, что для доказательства несомненности геосинклинальных и платформенных фосфоритов необходимо получить выражения меры сходства между различными месторождениями и показать, что любая пара месторождений из разных групп (платформенной и геосинклинальной) имеет меньшую меру сходства, чем любая пара в пределах группы. Эта трудоемкая работа пока не проделана, а высказывания, подобные процитированному, воспринимались как верные лишь интуитивно. По мере же накопления материала выяснилось, что и в пределах платформ имеются пластовые (нежелваковые) фосфориты, а в пределах геосинклиналей можно встретить желваковые, хотя массы последних в геосинклиналях невелики. Приходится отказаться и от другого существенного признака пластовых «геосинклинальных» фосфоритов — оолитового строения. Оно часто обнаруживается и у фосфоритов, залегающих в пределах платформ, тем более, если эти фосфориты не очень молоды. В то же время одинаково широчайшим распространением и в платформах, и в геосинклиналях пользуются пеллетные и зернистые фосфориты.

Надо отметить, что классифицирование фосфоритов по вмещающим комплексам пород (т. е. по «тектоническому признаку»), как было предложено Н. С. Шатским, является не более

чем классифицирование... маций). В таблице «Фосфоритов» Н. С. Шатским независимые графы «Сплошные» и «Зернистые» «главнейший тип фосфоритов» и «Формационные» («примеры месторождений не рассматриваем») в настоящее время вая современные данные не позволяют различных литологических... корреляция вида фосфоритов... (формации) довольно слабо... товые» и «зернистые» фосфоритов... форменных и геосинклинальных... ми». Не очень ясно, как... характеристикой и размеры... реляции качества в строении... вмещающих толщ (при условии... единообразной прослодке) и... предварительного уточнения... ния количественных... методики отбора экспонатов...

С другой стороны, наличие... стовых фосфоритов... и в... средиземноморская... фосфоритов... торой известны крупные... ритов как на востоке... (североафриканские), в... палеоген) была молодой... денция пластовых фосфоритов... ной платформе.

Н. А. Красильниковой [79]... ция «оплатформливание»... рождений. Появилась... каратауских фосфоритов... на Скалистых гор в США... тим подробнее сущность...

Суждения о тектоническом... тоносной формации... ния точка зрения, согласно... вые залежи сконцентрированы... миогеосинклинали [177]. Если... бассейн и в качестве...

* Понятие «зернистый»... (стр. 129). Понятие «оолитовый»... «состоящий по объему более чем из 10%... форму (разной степени сферичности и... товой размерности».

чем классифицированием самих комплексов отложений (формаций). В таблице «формационной классификации залежей фосфоритов» Н. С. Шатского [143] существуют только две независимые графы: «тип фосфоритоносной формации» и «главнейший тип фосфоритов». Остальные графы этой классификации — «формационная группа» и «тектоническое положение» («примеры месторождений» и «вторичные изменения» не рассматриваем) выведены из «типа формации». Учитывая современные данные по характеристике фосфоритов из различных литологических комплексов, можно сказать, что корреляция вида фосфорита с характеристикой комплекса (формации) довольно слабая; в частности, «пластовые оолитовые» и «зернистые»* фосфориты для ряда формаций платформенных и геосинклинальных областей являются «сквозными». Не очень ясно, как коррелируются с формационной характеристикой и размеры залежей. Подобная работа по корреляции качества и строения фосфорных руд со строением вмещающих толщ (при условии, что толщи эти выделены по единообразной процедуре) на современном уровне требует предварительного уточнения многих исходных понятий, введения количественных показателей и тщательно продуманной методики отбора экспериментального материала.

С другой стороны, многие крупнейшие месторождения пластовых фосфоритов явно не геосинклинальные. Огромная Присредиземноморская фосфоритоносная область, в пределах которой известны крупные месторождения очень богатых фосфоритов как на востоке (Сирия, Иордания), так и на западе ее (североафриканские), в эпоху фосфоритообразования (мел — палеоген) была молодой платформой. Крупнейшие месторождения пластовых фосфоритов Китая [23] возникли на подвижной платформе.

Н. А. Красильниковой [78] отмечено, что возникла тенденция «оплатформливания» крупнейших фосфоритовых месторождений. Появились указания на платформенную природу и каратауских фосфоритов [44], и пермских фосфоритов бассейна Скалистых гор в США [24]. На примере последних осветим подробнее сущность процесса «оплатформливания».

Суждения о тектоническом положении пермской фосфоритоносной формации Фосфория противоречивы. Широко принята точка зрения, согласно которой ее основные фосфоритовые залежи сконцентрированы в приплатформенной части миогеосинклинали [177]. Если обратиться к профилю через бассейн и в качестве критерия взять мощность разрезов фор-

* Понятие «зернистый» очень плохо определено, см. об этом [135] (стр. 129). Понятие «зернистый» было бы рационально определить как «состоящий по объему более чем на 50% из частиц, имеющих выпуклую форму (разной степени сферичности и округленности), псаммито-алевритовой размерности».

мации, то, действительно, получается, что залежи находятся на краевой части платформы [50, с. 144]. Американские геологи [177] подходят к определению тектонического положения того района, где отлагалась формация Фосфория, дифференцированно: кремнистые, углевые и фосфатные осадки данной формации они определяют как «геосинклинальную фацию», а карбонатные и песчаные отложения, замещающие Фосфорию по простиранию, относят к платформенной. Г. И. Бушинский [24], подробно разобрав материалы о тектоническом положении формации Фосфория, пришел к выводу о том, что в целом она отлагалась на платформе. С его заключением трудно не согласиться, если считать, что платформа должна отличаться резко сокращенными мощностями всех формаций ее чехла. Вопрос о фундаменте этой платформы пока неясен; на «шельфе Юты-Вайоминга», где залегает фосфоритовая толща, под последней залегает толща отложений палеозоя, мало отличающаяся по складчатости и консолидации от пермского этажа [64]. В пользу платформенной позиции Западного фосфатного поля может свидетельствовать то, что в некоторых частях района распространения формации Фосфория пласты мощностью всего лишь один-два фута прослеживаются на десятки миль [19, с. 283] (хотя и в геосинклиналиях известны флишевые ритмы, прослеживаемые на десятки и сотни километров, правда, обычно в одном направлении — по простиранию).

Основная продуктивная часть пермской толщи Западного фосфатного поля США расположена в области, относимой составителями палеотектонических карт [191] к «шельфу», т. е. к области, обладающей стабильностью промежуточного значения между «миогеосинклиалью» и «платформой». Эта граница может быть проведена примерно по изопаките 160—170 м (500 футов) [174, табл. 9, В, С]. Западнее этой изопакиты наблюдается сгущение изолиний — относительно быстрое увеличение мощностей до 1000—700 м и соответственно переход осадков в более глубоководные; в пределах же «шельфа» и «платформы» — к востоку от района фосфоритоотложения — мощность пермских отложений колеблется в пределах всего 80 м. В южной части платформенного пермского бассейна США градиент изменения мощностей отложений гораздо больше, чем в «миогеосинклинали» (см. ту же табл.).

Таким образом, фосфоритоносная толща пермского фосфоритопосного бассейна в основном лежит в стабильной области, «заходя» в «миогеосинклиналь» незначительно, что и показано в [24, с. 69—70], в то время как отчетливой границы между этими тектоническими зонами не определено. А. Ирдли [64, с. 77, фиг. 15] отмечено, что область развития фосфоритоносных осадков, возникающая на «мелководном шельфе», характеризуется резко сокращенными

угольных и пермских отложений, формирующихся в промежуточных («бассейнов»), где они имеют толщ. Судя по профилям и картинам, определенно подвижной области, деленно стабильной имеет 7—8 «точности» всякие уклоны и трудно оспаривать, а утверждение, что сложная кремнистая, известняковая, глинистыми сланцами, известняками фация» [191, с. 162], встречается в примерах, когда кремнистые известняки типичных платформ. Присутствие в го возраста заметных выходов пространенного в геосинклиналиях бассейна, еще более склоняет к платформенного облика данной формации.

В мезозойское время область, в которой копелция начала быстро развиваться, ареной довольно интенсивно (фиг. 22). Подобное явление наблюдается в верхнедевонских фосфоритах Западной зоны, которые, судя по составу и мощности, в зоне, но впоследствии были изменены движениями.

С другой стороны, выделены области промежуточного характера, с «переходных от платформенного тектонического режима к «бассейновому»» [78].

Характерен пример, который [36], показывающий вид разделения месторождений в разделе «Геологическая карта Западной зоны, в которой разположены бассейны КНР, отнесенна (на основе данных о платформенной «бассейновой» структуре) к «бассейновому» типу (с. 44). Из сопоставления с данными в Каратуе видно, что в области фосфатных осадков, в которой наблюдается быстрое увеличение мощностей, что свидетельствует о формировании бассейна в условиях быстрого погружения (с. 44). Подобное явление наблюдается

...находятся
...Фосфория
...положения
...дифферен-
...данной
...фацию»,
...Фосфо-
...Г. И. Бушин-
...по-
...о том, что
...включением
...должна
...формаций
...неясен;
...фосфоритовая
...палеозоя,
...от перм-
...Западно-
...что в не-
...Фосфория
...прослеживают-
...из-
...и сотни
...по про-
...Западного
...относимой
...«шельфу»,
...промежуточного
...формой». Эта
...160—
...этой изопа-
...быстрое
...переходу
...«шельфа»
...отложения —
...пределах всего
...бассейна
...гораздо
...табл.).
...фосфо-
...обла-
...что и по-
...границы
...А. Ирдли
...фосфорито-
...шельфе», ха-
...каменно-

...угольных и пермских отложений, а также преобладающим меж-
формационных перерывов по сравнению с областью прогибов
(«бассейнов»), где шло непрерывное накопление мощных
... Судя по профилям и картам, переходная зона между
определенно подвижной (геосинклинальной) областью и опре-
деленно стабильной имеет 70—100 км в ширину. При такой
«сложности» всякие уклонения в пользу крайних точек зрения
трудно оспаривать, а утверждение, что «формация Фосфория,
сложенная кремнями, фосфоритами и темными алевроито-
сланцевыми сланцами, является в общем геосинклинальной
фацией» [191, с. 162], неубедительно, так как можно привести
примеры, когда кремни и темные сланцы встречены в области
платформ. Присутствие же в породах фосфорийско-
го возраста заметных количеств глауконита, обычно мало рас-
пространенного в геосинклинальных отложениях, причем имен-
но в западной («геосинклинальной») части фосфоритоносного
бассейна, еще более склоняет к решению в пользу платфор-
менного облика данных отложений.

В мезозойское время область фосфорийского фосфатона-
копления начала быстро погружаться, а впоследствии стала
зрелой довольно интенсивного складкообразования [24,
фиг. 22]. Подобное явление сходно с позицией, например,
верхнедевонских фосфоритов Нахичеванской АССР и АрмССР,
которые, судя по составу и мощностям, возникли в стабильной
зоне, но впоследствии были дислоцированы альпийскими
движениями.

С другой стороны, выделяются фосфоритоносные бассейны
промежуточного характера, где фосфориты отлагались в усло-
виях, «переходных от платформы к геосинклинали». Геотекто-
нический режим таких областей вообще «остается неяс-
ным» [78].

Характерен пример, который можно извлечь из работы
[36], показывающий ход рассуждений при решении проблемы
разделения месторождений по тектоническому положению.
В разделе «Геологические закономерности» область, в кото-
рой расположены богатейшие месторождения фосфоритов
КНР, отнесена (на основе общего анализа развития страны)
к платформенным, «независимо от тех особенностей, которые
сопутствуют главнейшим фосфоритовым месторождениям» [36,
с. 446]. Из сопоставления же данных о месторождениях Китая
и Каратау сделан вывод, что китайские и каратауские фос-
фориты очень похожи, а значит, и образовались в «чрезвы-
чайно близких условиях», из чего следует заключение о том,
что «месторождения фосфоритов Китая отлагались в основ-
ном в условиях, близких к геосинклинальному бассейну»
(с. 447). Подобное заключение представляет собой вывод по
анalogии в ситуации неясности того, какой признак — общий
ли характер развития страны или свойства месторождений —

фатов мешающих...
ющее. Прежде всего, эти данные указывают достаточно четкие
определения понятий о платформах в геосинклиналях. Здесь,
несмотря на различные взгляды и также определения, мож-
но наметить в определенных случаях. Так, платформами не-
зависимо от их возраста и размера вообще называют области
с малым размахом и контрастностью движений земной коры.
Но, кроме того, на любой платформе должны резко разли-
чаться два этажа — фундамент и чехол, разделенные длитель-
ческие тела. Эти тела в некотором смысле...

лишь введенные...
решается.

Вывод о том, в каком...
геосинклинальному...
объема понятия «...»
который рассматривается...
мат какой-либо местности...
не месяце погоды...
стояния атмосферы...

задано основание тектонической классификации. Неясным остается только вопрос, что именно задавать для достижения конкретной цели (оценки фосфоритовых месторождений). В тех же случаях, когда цель разделения на платформы и геосинклинали не сформулирована, нельзя и оценить решение, «прояснить» его. Для решения вопроса о полезности классификации существует определенная методика, но лишь введением «промежуточных» классов этот вопрос не решается.

Вывод о том, к какому классу отнести месторождение — геосинклинальному или платформенному, зависит также от объема понятия «месторождение» — от того комплекса слоев, который рассматривается в качестве «месторождения». Климат какой-либо местности определяется не днем, не неделей, не месяцем погоды. Это — многолетняя характеристика состояния атмосферы в данном районе. Аналогично и свойство «возникать в геосинклинальном режиме». Фосфоритовая пачка образуется, так сказать, за «геологическую неделю», тектонический же режим региона определяется на гораздо более длительном интервале.

В связи с таким характером понятий «геосинклинальный» и «платформенный» решение относить фосфориты к этим классам зависит от того, какой комплекс слоев мы собираемся рассматривать, достаточно ли он «широк». При отсутствии четких и однозначных операциональных определений понятий «платформа» и «геосинклиналь» нет смысла — об этом в свое время ясно высказался Н. С. Шатский [143] — подразделять фосфориты на соответствующие классы. Вполне возможно, что такое подразделение вообще не имеет отношения к проблеме происхождения фосфоритов или их оценки, так же как отнесение комплекса слоев, например, к геосинклинальному классу не дает никакой гарантии того, что в этом комплексе не встретится пачка, которая сформировалась при очень замедленном («платформенном») типе осадконакопления. Отсюда, скажем, Каратауские месторождения можно трактовать как геосинклинальные, но... относящиеся к спокойной стадии развития этой геосинклинали. Полезной информации в такой трактовке не много.

Для некоторого небольшого набора фосфоритовых месторождений тектоническая классификация, возможно, имеет смысл. Но пределы ее применимости неясны, а универсальности, очевидно, ожидать не приходится, хотя обычно считается, что тектоническая классификация наиболее «вместительна».

Многие черты различных геосинклинальных фосфоритоносных бассейнов сходны, но имеются и «существенные» различия [78]. Главное в этом высказывании — «существенность» различий — очень сложно обосновать. Любые два природных

объекта (тем более объекты одного класса — «фосфоритовые месторождения») имеют как черты сходства, так и различия. Существенность отдельных черт определяется на выборке, размер которой удовлетворяет заранее заданным требованиям при четко поставленной цели сравнения. Для фосфоритовых месторождений такая задача еще далека от эффективно-го решения.

Таким образом, во указанных случаях (отсутствие сдвинных и операциональных определений тектонических классов рассматриваемых толщ, а также то, что фосфоритовые месторождения имеют размеры меньше, чем «узлы» той сети на-блюдений, которая необходима для установления тектоническо-

присутствия в разрезе такого тела. В табл. 2 сведены все эти признаки, которые неоднократно описывались. Рассмотрим их по порядку.

Ассоциативные характеристики

Вопрос о характере фосфоритовосных ассоциаций, именуемых в советской геологической литературе «фосфоритоносными формациями», несмотря на множество работ, посвященных им, начиная с известной статьи Н. С. Шатского [143], остается и сейчас во многом не доработанным. Основной недостаток всех исследований — слабые методологические предпосылки, не обеспечивающие конкретного операционального определения «формаций». Это лишает подобные работы возможности однозначно воспроизводить действия по выделению «формаций» в любой ситуации. В таких работах предлагается искать фосфориты в сложных геологических телах, которые должны иметь «определенный состав» при весьма неопределенном обозначении последнего. Например, в определении «кремнисто-доломитовых формаций» полностью отсутствуют критерии количественной характеристики этого класса: неясно, сколько кремнистых пород и в каком соотношении с остальными может присутствовать в данной формации, как установить ее границы. Многочисленные описания «фосфатовосных кремнисто-карбонатных формаций», с помощью которых пытаются разъяснить это, очень мало помогают делу поворков. Вроде бы вполне аналогичные комплексы оказываются нефосфатными, и наоборот. Так, в кремнисто-карбонатных рифейских комплексах Алтая фосфориты не обнаружены; но нет уверенности в том, что продуктивные горизонты здесь не пропущены в условиях складчатости, разорванности и залесенности. Сходство же алтайских свит рифея с фосфоритоносными качественно может быть признано значительным.

В процедуре формационного районирования нередко допускается ошибка: «литологическую приуроченность» фосфоритов рассматривают как «закономерность», имеющую место на некоторой выборке разрезов одного класса, который определяется независимо от присутствия в рассматриваемых разрезах фосфоритов. Если, после того как такой класс выделен, из множества разрезов выбрать только фосфоритоносные, то очевидно, что любой из них будет удовлетворять «закономерности», которая, по сути, является определением класса. Такая «закономерность» на первых порах, конечно, может оказать некоторую помощь, суживая круг перспективных объектов. Скажем, фосфориты окажутся локализованными в кремнисто-карбонатной, а не в карбонатной формации. Однако вопрос о степени перспективности карбонатной формации не решается.

Такой способ и применялся Н. С. Шатским [145]. Им были отобраны фосфоритоносные разрезы и на них выделены «фосфоритоносные формации». Не рассматривая вопроса о ясности определения признаков формаций (т. е. таких свойств, которые измеряются на совокупности слоев, а не на отдельных монопородных телах), можно заметить, что осталось неизвестным, насколько такое разбиение удовлетворительно для прогнозных оценок. Иначе говоря, осталось неясным, насколько часто совокупность отложений, похожая на рассмотренные формации, оказывается фосфоритоносной.

Ассоциативные признаки должны отыскиваться путем корреляции некоторых свойств разреза прежде всего с фосфоритовыми свойствами, объективно измеряемых непосредственно (формационные) теле, а не на отдельных его элементах — породных телах. Когда же формация задается не таким (эмерджентным) свойством, а набором слагающих ее пород, т. е. только перекрестным способом задания той области, в которой эти элементы формации надо отыскивать.

Поясним данную мысль на образном модельном примере. Допустим, мы можем наблюдать разрезы издали и при этом видим, что они разбиваются на серые и красноватые части. Такая характеристика оказывается свойственной только крупным серым разрезами, которые и назовем формациями. При-

большой мощности, плюс глинистые и т. п. Следует так организовать группирование вблизи, чтобы можно было заранее уверенно сказать: первая группа издали будет серая, вторая — красная.

Как можно использовать эту идею при поисках? Мы можем установить, что фосфориты встречены главным образом в серых формациях, и получить возможность отбраковывать предъявляемые на оценку разрезы. Оказавшись в таком положении, когда непосредственно выделение формаций («издали») невозможно, можно воспользоваться косвенным способом их выделения, получая тот же самый результат [28].

Такой подход затрудняется необходимостью измерения формационного (ассоциативного, эмерджентного) свойства (в данном примере — цвет). Цвет человек может сам определять на совокупности пластов. Немного, однако, таких свойств, которые можно было бы измерять на формации как на целом так, как измеряют свойства штуфа породы, являющиеся интегральными от свойств ее элементов — минералов. Скажем, цвет породы нами воспринимается в целом, хотя он вовсе не отвечает цвету минералов, слагающих породу*. Но мы пока не располагаем приборами и процедурами, которые бы обеспечили объективный формационный анализ на такой же основе. К эмерджентным характеристикам формации пока относятся в основном историко-генетические (тектонические, климатические и др.), т. е. не измеряемые объективно, а выводимые характеристики.

Определяя фосфоритопосную формацию, можно: 1) вначале независимо от данных о фосфоритопосности подразделить заданные разрезы на «формации» по некоторой выбранной характеристике и затем определить, в каких «формациях» встречены фосфориты; 2) сразу искать такое ассоциативное свойство, которое непосредственно коррелировалось бы с фосфоритом и определяло объем формации. Схема этих рассуждений иллюстрируется на рис. 2. В первом случае можно опереться на не очень эффективное для поисков свойство. Можно (см. рис. 2) сделать заключение, что фосфориты встречаются чаще в серых (и гораздо реже в красных) формациях. Если заранее были отобраны только разрезы 1, 2, 4 и 5, то будет решено, что фосфориты встречаются исключительно в серых формациях.

Если же искать ассоциативное свойство, заранее исходя из связи с фосфоритопосностью, то может выясниться, что, например, цвет формаций слабо коррелируется с фосфоритами, а более эффективным признаком их является другое свойство, например некая «полосчатость», вызываемая, допустим, присутствием незначительных прослоев какой-либо иной по-

* То же можно сказать о плотности, шершавости, вязкости образца и т. п.

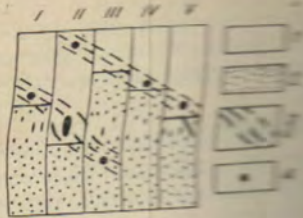


Рис. 2. Два подхода к определению фосфоритной формации.

(1 — серое, 2 — красное, 3 — полосчатое, 4 — залежи).

...на которую вначале не обра-
...надеяться на успех...
...важнейшими фосфатными...
...подвижных зонах является...
...сто-глинисто-карбонатная...
...счано-глинисто-карбонатная...
...получим 3 известных типа...
...нисто-карбонатный, кремнисто-...
...ригенно-карбонатный.

манно. Оно подменяется...
представляют собой всего лишь краткое изложение послойно-
однако в какой-то (?), может быть очень небольшой, степени
все же позволяет как-то ориентироваться. Исходя из того, что
мощность промышленных фоссерий не превышает обычно
100—200 м, можно рекомендовать разбивать разрезы подвиж-
ных (нестабильных платформенных) областей с помощью так

пород и их соотношении...
можно надеяться на успех...
важнейшими фосфатными...
подвижных зонах является...
сто-глинисто-карбонатная...
счано-глинисто-карбонатная...
получим 3 известных типа...
нисто-карбонатный, кремнисто-...
ригенно-карбонатный.

Названные три типа...
значительное количество...
ных комбинаций кремнезема...
ного) и карбонатного...
возможных второстепенных...
личественных соотношений...
как требует высокой...
ний разрезов. Однако...
нятую фосфоритам...
ми, непосредственно...

Связь с карбонатными...

пород и их соотношений) на этом интервале выполняется, можно надеяться на успех прогноза.

Важнейшими фосфатоносными совокупностями пород в подвижных зонах являются кремнисто-карбонатная, кремнисто-глинисто-карбонатная, алевроито-глинисто-карбонатная, песчано-глинисто-карбонатная. Обобщив эти характеристики, получим 3 известных типа перспективных формаций: кремнисто-карбонатный, кремнисто-терригенно-карбонатный, терригенно-карбонатный.

Названные три типа ассоциативных характеристик имеют значительное количество подтипов. Задача выбора конкретных комбинаций кремневого, алюмосиликатного (терригенного) и карбонатного компонентов с добавлением к ним всевозможных второстепенных компонентов и определения их количественных соотношений громоздка и пока не решена, так как требует высокой стандартизации многочисленных описаний разрезов. Однако можно сказать, что соотношение компонентов в ассоциативной характеристике фосфоритоносной формации может быть различным в довольно широких пределах.

Компонентные характеристики

Для определения связи между фосфоритами и элементарными объектами, в качестве которых будут рассмотрены минералы и горные породы, необходимо заранее задавать границы области, в которой требуется установить связь. Если в качестве подобной области примем пермские отложения «фосфорийского возраста» Западного фосфатного поля США [30, табл. 2], то в нее вместе с формацией Фосфория надо будет включить и карбонатную формацию Парк Сити; тогда почти половина объема заданной «фосфоритоносной» области окажется сложеной карбонатными породами. Если же будем рассматривать только саму формацию Фосфория (см. там же), количество карбонатных пород в этой области окажется намного меньшим.

Поскольку пока нет возможностей перебирать варианты ограничения области, в которой определяются связи, придется ограничиться рассмотрением, так сказать, «ближайших окрестностей» фосфоритовых слоев, понимая под этим область, занятую фосфоритами и монопорodными геологическими телами, непосредственно контактирующими с фосфоритами.

Связь с карбонатным материалом

Подавляющее большинство описанных фоссерий промышленных месторождений сплошных (пластовых) фосфоритов содержит карбонатные породы, контактирующие с фосфорита-

ние, факты залегания пластовых фосфоритов среди и вовсе бескарбонатных пород [23].

Самые всеобщие, карбонатно- и фосфатоосаждение были в общем параллельно идущими, но в определенной мере независимыми процессами, стимулируемыми некоторым набором общих условий осадкообразования, в частности теплыми водами, обилием организмов, поступлением питательных веществ, отложением засорения и т. п.

Причина совместного залегания доломитового материала и фосфатного, как отмечает Г. И. Бушинский [23, с. 163], остается неизвестной. В общем виде совпадение слоев доломитов и фосфоритов, по Н. М. Страхову [127], трактуется как следствие проявления одного фактора — аридного и жаркого климата зоны фосфоритоосаждения, обусловившего осолонение мелководных частей бассейна. Эта интерпретация, принятая сейчас большинством исследователей, сталкивается с следующим: крупнейшие залежи мел-палеогеновых североафриканских и египетских фосфоритов, расположенных, по всем данным, в зоне жаркого аридного климата, с доломитами не связаны. Средиземноморские фосфориты залегают только среди известняков и кальцитовых мергелей [105], а в самих фосфоритах доломита совершенно ничтожные количества.

Разумеется, доломиты в мезозое осаждались уже гораздо меньше вследствие эволюции условий осадконакопления. Однако здесь же, чуть ниже фосфоритоносных отложений, в том же верхнем отделе меловой системы известняково-доломитовая формация. Она залегает в самой нижней части карбонатного комплекса — над терригенной нубийской формацией — и имеет сеноман-туронский возраст [105, с. 142]. Во Флориде известна также совсем молодая подфосфатная миоценовая известняково-доломитовая формация Хауторн. Таким образом, возможно, доломитообразование обуславливалось не только аридностью климата, но и некоторой гидрохимической замкнутостью соответствующих частей бассейна.

В палеозойских формациях доломиты, как сказано, доминируют, однако известняки в отложениях пермской фосфоритоносной толщи занимают еще заметное место. Глубже по стратиграфической шкале доломиты составляют основную долю карбонатной части фоссерий.

А. В. Ильиным [60] массовым определением установлено, что фосфатность любого интервала разрезов Хубсугульского бассейна прямо коррелируется с объемом доломитовых пород в этом интервале. Для позднерифейско-нижнекембрийских фосфоритов Алтае-Саянского фосфоритоносного бассейна связь с доломитами также подтверждается, однако здесь в составе фоссерий заметную роль играют и известняки. Чисто кальцитовый состав карбонатных пород фосфоритоносных интервалов рифейских отложений зафиксирован только в Юго-Востоке

ной Туве [15]. В остальных районах Алтае-Саянской области параллельно даже слабой фосфоритности в породах появляется примесь доломита, что особенно заметно на Алтае, где доломитовые породы в различных районах распространены вообще гораздо менее, чем в районе Южного Алатау. Фосфориты Тувы (включая Саяны), по сравнению с чисто известняковым толщам, вообще незначительное явление. Возможно, это связано с высоким содержанием данных толщ, с обилием углеродистых включений в фосфоритах. Судя по многим особенностям тузовских фосфоритов, они могут иметь необычное происхождение или своеобразную историю.

Напрашивается вывод о том, что известняковый состав фоссерии имеют только в малом количестве или сильно метаморфизованных толщах, а доломитовый — в тех из них, которые испытывали более глубокое метаморфизм. Доломитовым составом обладают более низкая часть крупноватного комплекса Кара-область и южная часть крупноватного комплекса Хубсугульского

«более широкий» набор «сильно метаморфизованных» пород концентрации Mn и некоторых «сильно метаморфизованных» пород «усиленный геохимический состав». Эти породы являются типичными породами вне фосфоритовых месторождений. Таким образом, будет считать правомочным считать, что аналогичные исследования в фосфоритовых месторождениях, так же как только сами фосфоритовые месторождения, так же как вне связи с изучением всего района, а в частности для крупных месторождений фосфоритов. Поэтому единственным способом (лишь в некоторых случаях) выявления фосфоритовую породу, ассоциирующую с известняком, является исследование

«более широкий» набор «малых» элементов, повышенные концентрации Mn и некоторых «малых» элементов, словом — «сглаженный геохимический фон». Это связано с тем, что породы фосфоритоносных ассоциаций по сравнению с аналогичными породами вне фоссерий более «загрязнены» терригенным и пирокластическим материалом. Такие выводы можно будет считать правомочными после уточнения процедуры отбора проб и интерпретации результатов. Сейчас же отметим, что аналогичные исследования не проводились на крупных фосфоритовых месторождениях. Там в основном изучались только сами фосфоритоносные стратиграфические интервалы, вне связи с изучением всего разреза и их нефосфатоносных аналогов, так как объем понятия о фосфоритоносной форме для крупных месторождений совпадает с объемом фоссерий. Поэтому единственным признаком, по которому можно (даже в некоторых случаях) надежно отличить карбонатную породу, ассоциирующую с фосфоритом, от неассоциирующей с ним, является повышенное содержание в первой фосфата.

Отметим еще и то обстоятельство, что карбонатные породы в ближайшем соседстве с фосфоритовыми пластинами нередко имеют брекчиевую текстуру. Это явление особенно широко распространено в древних фосфоритоносных толщах Алтае-Саянского, Удско-Шантарского (Дальний Восток) и Хубсугульского фосфоритоносных бассейнов. Есть основания полагать, что часть этих карбонатных брекчий является постседиментационными, на что обратил внимание Г. И. Бушинский [23, с. 24—25] при описании Горношорского фосфоритоносного района. Об этом будет подробнее сказано ниже, в разделе «Сравнение месторождений...». Однако в фосфоритоносных разрезах указанных районов имеются и брекчии несомненно осадочного происхождения. Приуроченность карбонатных брекчий к фосфоритоносным интервалам объясняется по-разному, в основном — обрушениями осадков в зоне мелководья, взламыванием при действии волн. Крупные размеры обломков вроде бы говорят об очень небольших глубинах, где возникали брекчии, буквально в зоне прибоя. Неооработанность же материала свидетельствует о попадании обломков сразу на уровень спокойных вод. Сочетание таких условий известно только для одной обстановки — пририфовой. Именно так и интерпретируют присутствие брекчиевых зон в рифейской фосфоритоносной карбонатной толще Кузнецкого Алатау Ю. В. Миртов и С. М. Тарасова [106], отмечая переход брекчий по простиранию в мелкодетритные карбонаты.

Вопрос о форме брекчиевых тел, их соотношении с соседними синхронными отложениями и количественных соотношениях несомненно седиментационных брекчий с псевдокластическими требует уточнения.

ми, и последние часто содержат в своем составе карбонатный материал. А. И. Смирнов [109] выделяет терригенно-карбонатную и кремнисто-аллювиальную фосфоритоносные ассоциации. С. Г. И. Бушневский — делит митогено-терригенно-карбонатные ассоциации на фосфоритно-терригенные и фосфоритно-карбонатные.

Процесс карбонатоосаждения как таковой фосфориты должны не фосфата, и считают, что богатые фосфориты должны формироваться при интенсивном или самого фосфатоосаждения, или процесса медленного удаления карбонатных частиц. Частое переосаждение слоев карбонатных пород с фосфоритами, карбонатный цемент в фосфоритах и ассоциирующихся с ними породах, а также постоянное присутствие кальция и карбонат-ионов в любой морской воде как будто делают вполне обоснованной такую точку зрения.

Высказывались предположения о том, что в некоторых случаях ассоциация фосфоритов с карбонатными породами, имеющими водорослевую текстуру, отражает связь между деятельностью водорослей и появлением фосфатных образований [123, 154, 159]. Однако переплетение в разрезах карбонатных и фосфатных пород, а также карбонатного и фосфатного материала еще не означает, что имело место их взаимообусловленное возникновение на дне бассейна. Если иметь в виду ассоциацию фосфатных скоплений именно в водорослевых карбонатах, возникает вопрос: почему сонахождение фосфоритов и водорослевых текстур наблюдается в довольно редких случаях, в то время как водорослевые текстуры тех же видов распределены гораздо шире [50, с. 168—169]?

Сомнительно совместное хемогенное выпадение карбонатов и фосфатов. Многие карбонатные породы фосфатных серий являются органогенными (водорослевыми, ракушняковыми, возможно рифовыми), а также кластогенными. Отмечалось [132], что кальцитовый цемент возникал позднее осаждения фосфата, так как цементируется уже переработанный

В разрезах пермских фосфоритовых отложений Западного фосфатного поля США. Фосфоритовые карбонатные породы встречаются в точечных количествах. По не можно сказать о разрезах мел-палеогеновой фосфоритовской толщи Северной Африки. В Карстау восточной части брекчирован слой подфосфоритовых «слизистых» доломитов [128].

В целом карбонатные брекчии широко развиты только в древних геосинклинальных фосфоритовых отложениях Азии, а в фосфоритовых разрезах крупных фосфоритовых месторождений послепермского возраста встречаются не чаще, чем это обычно для разрезов мелководных морских отложений вообще.

Связь с обломочным материалом

Условимся различать, хотя это не всегда возможно, «терригенный», т. е. привнесенный с суши, и «кластический», т. е. вообще обломочный, материал. Последний может возникать и за счет внутриводных подводных размывов. Когда в фосфоритовой серии имеется грубообломочный материал, он чаще всего не привнесен с суши, он сугубо местный по составу. Таковы многочисленные фосфоритовые брекчии, гравелиты, конгломераты.

Терригенные породы присутствуют не только в терригенно-карбонатной группе фосфоритовых отложений. Кремнисто-доломитовая формация фактически тоже содержит терригенные прослои, хотя в основном терригенный материал здесь — лишь примесь к карбонатным породам. Есть, правда, и чисто омигенные разрезы кремнисто-доломитовой формации, но они, скорее всего, характеризуют лишь отдельные участки этой формации.

Возможно выделить пачки чисто терригенных бескарбонатных отложений с фосфоритами, но они небольшой мощности — десятки метров. Это типичные платформенные образования [143]. На больших же расстояниях (по разрезу) от того или иного пласта фосфоритов в любом разрезе, содержащем фосфориты, обязательно встретится слой или пачка карбонатной породы.

Примером бескарбонатного интервала может служить разрез фосфоритовых пород в Западной пустыне Египта у оазиса Эль-Харга [114, с. 64], где фосфоритовые породы залегают между глинистыми сланцами. Под нижним пластом фосфоритов лежит толща пестроцветных глинистых сланцев Коссейра, выше фосфоритов следует глинисто-сланцевая формация Дахла, в которой пачки глины уже переслаиваются с мергелями и известняками. Восточнее — у Красного моря — этот же стратиграфический фосфоритный интервал уже существенно карбонатный, мергелистый. В разрезе нижнего

кембрия на восточном склоне тайской платформе [23, фиг. 36] фосфориты залегают в пачке черной глины с кремней. Мощность фосфоритовых пластов (свиты Шибай) — 50 м. Выше та кремнистым доломитом. Доломит более мощный (230 м) глинисто-доломитовый кембрия.

Высококачественные фосфориты встречаются между чисто терригенной и карбонатной. Такую типичную ассоциацию фосфоритовый пласт крупного месторождения Брайанс также месторождения Брайанс, в случае фосфорит связан с доломитом с митообразованием. Он залегает в толще доломита, имея гальку и доломитоотложением в фосфоритовый и то, что фосфорит представляет о значительном окаменении доломита жения фосфорита.

Описано сонахождение фосфоритовых карбонатными породами в крупном Западного фосфатного поля Австралии [188]. В Австралии фосфорита связана с глинистыми карбонатными сланцами. Двухэтажная основная фосфоритовая серия Австралийского материала применяется в фосфоритовом количестве, в то время как основной фосфат может встречаться в Австралии. Наблюдаются также все терригенные фосфоритами и тонкозернистыми аргиллитами, в которых рассматривать всю толщу фосфоритовую ассоциацию, то можно сказать, что роль играет песчаный материал Шедхорн). Песчаные породы переслаиваются с ними односторонне в Шедхорн простираются. На Шедхорн образовалась из осадконакопления. В Шедхорн карбонатно-терригенной ассоциации материал составляет

кембрия на восточном склоне впадины Синань на Южно-Китайской платформе [23, фиг. 38] плотные пластовые фосфориты залегают в пачке черных глинистых сланцев с прослоями кремней. Мощность фосфоритов до 2 м, всей пачки сланцев (свиты Шибай) — 50 м. Подстиляется сланцевая свита кремнистым доломитом Дэньин, но покрывается более мощной (230 м) глинисто-сланцевой толщей среднего кембрия.

Высококачественные фосфориты могут залежать на границе между чисто терригенной пачкой (слоем) и чисто хемогеновой карбонатной. Такую позицию занимает главный фосфоритовый пласт крупного месторождения Кайян [23, фиг. 55, 59], а также месторождения Куньян [23, фиг. 68]. В последнем случае фосфорит связан со сланценакоплением, а не с доломитообразованием. Он залегает на сильно размытой поверхности доломита, имея гальку в основании. Перерыв между доломитоотложением и фосфатонакоплением был длительным, и то, что фосфорит прислоняется к доломиту, свидетельствует о значительном окаменении доломита и его размыве до отложения фосфорита.

Описано сонахождение фосфоритов с терригенными некарбонатными породами в крупных пермских месторождениях Западного фосфатного поля США [163, 189] и среднего кембрия Австралии [188]. В формации Фосфория большая часть фосфорита связана с глинистым материалом, образуя фосфатные сланцы. Диаграмма содержания главных компонентов основной фосфоритовой пачки показывает, что карбонатного материала примешивается к фосфатному лишь незначительное количество, в то время как с кварцевым детритом и глиной фосфат может встречаться в любой пропорции [163, с. 305]. Наблюдаются также все переходы и взаимоотношения между фосфоритами и тонкослоистыми кварцево-алевролитовыми аргиллитами, в которых 60—75% глинистой фракции. Если рассматривать всю толщу фосфорийского возраста как одну ассоциацию, то можно сказать, что местами в ней существенную роль играет песчаник кварцевого состава (формация Шедхорн). Песчаники тесно переплетаются с фосфоритоносными породами, переслаиваются с фосфоритами, контактируют с ними односторонне и замещают фосфатные сланцы по простирацию. На некоторых участках фосфориты и фосфатные сланцы полностью вмещаются песчаниками Шедхорн. По степени сортировки и составу определено [163], что песчаники Шедхорн образовались за счет переработки субсинхронных им пермских же пород по периферическим частям бассейна осадконакопления. В целом фосфатоносные пермские отложения Западного фосфатного поля представлены кремнисто-карбонатно-терригенной ассоциацией, терригенный некарбонатный материал составляет около трети ее объема.

Карбонатно-кремнистая фосфоритовосная формация Битл-Крик (70 м) северо-западного Квинсленда в Австралии содержит существенное количество терригенной примеси, сложенной в значительной мере алевритовым и глинистым материалом наряду с фосфоритными алеврититами и сланцами. Перекрывается эта продуктивная часть аналогичной сланцево-алевоалевритовой 90-метровой частью нижней части формации Инка [188].

В существенно карбонатных мез-палеогеновых фосфоритовых разрезах Средиземноморья продуктивные интервалы выделяются присутствием мергелистых, песчаных и глинистых пород.

В целом можно сказать, что разрезы продуктивных свит основных месторождений богатых фосфоритов довольно обильно насыщены терригенными некарбонатными примесями в виде самостоятельных слоев либо в виде примесей к карбонатам. Однако такой терригенный материал в тех же количествах присутствует и за пределами ближайших окрестностей фосфоритовых интервалов.

Терригенные некарбонатные примеси хорошо коррелируются с фосфоритами только на фоне существенно нетерригенных разрезов. Иллюстрацией этого отчасти являются разрезы Хубсугульского и Ухагольского месторождений Хубсугульского фосфоритовосного бассейна. Здесь среди чистых хемогенных карбонатов рядом с фосфоритовыми пластами всегда обнаруживаются глинистые сланцы. Кроме того, сами фосфориты Ухагольского синклинали сильно запесочены кварцем. Непосредственно под фосфоритами Хубсугульского месторождения наблюдается выдержанная на десятки километров пачка карбонатных тонкослойных пород, обогащенных песчано-алевоалевритовым материалом. Пачка эта в выветрелом состоянии заметно ожелезнена и резко выделяется цветом на фоне однообразного серого карбонатного разреза. На других участках Хубсугульского бассейна аналогичные породы могут залегать и внутри фоссерии, и в верхней ее части, но всегда в непосредственной близости от фосфоритов.

По геохимическому составу терригенные компоненты, область распространения которых пересекает в основном фосфоритов или включает ее, чаще всего относятся к тонким классам. Наиболее часто сонаходится с фосфоритами глинистый и алевритовый материал. Песчаный материал довольно обычен в виде незначительной примеси к породам фоссерии или маломощных слоев. Но в песчаниковой толще богатые пластовые фосфориты, как правило, не залегают, хотя сами пески могут быть незначительно фосфатны. Залегание фосфоритов среди чисто песчаных отложений отмечено автором работы [143] в трех пунктах, однако, судя по этим описаниям, понятию о пластовом фосфорите более или менее соответству-

ют лишь фосфориты эоценовой толщи. В остальных случаях касаются желваковидных фосфоритов.

В ряде месторождений Австралии и в ряде продуктивных горизонтов Средиземноморья из подстилающих пород также выщелачивается трансгрессивной морской водой фосфоритов. Не следует, повторяя, что в Австралии материал с песчаниками в выветрелом состоянии самих фосфоритов; также в Австралии восточности берега. Часть толщи выветрелого материала может возникать при оползании осадков за счет перебива уже оползавших пород при оползании осадков. Эти породы могут быть опознаны по тому, что в них смешаны с обломками выветрелых пород. Чисто фосфоритовые участки также встречаются.

Говоря о подфосфоритовых разрезах, нельзя не упомянуть о «стиллидах» — редких неотсортированных кристаллах в тонкозернистую осадочную породу, сугубо местный. Г. И. Брусиловский к выводу о скорее всего «стиллидах» и случайности их залегания.

Аналогичные конгломераты фосфоритовых доломитов и известняков, соединяясь к сторонним породам, псефитов, отметим устойчивость платформенного карбонатного геостроения вместе с местным характером «стиллидов» и «тиллоидов», которые совсем ясен. Может быть, не занимают положение в строении происхождения фосфоритов в строении трансгрессивного этапа.

Терригенный материал, как и карбонатный, встречается на площади и в более широком разрезе. Это, видимо, объясняется залеганием фосфатов в выветрелом состоянии. Гораздо шире распространены по сравнению с фосфоритами в северо-западного Квинсленда и в египетских месторождениях.

ют лишь фосфориты эоценовой толщи Нигерии, остальные два случая касаются желваковых фосфоритов.

В ряде месторождений пластовых фосфоритов несколько ниже продуктивного горизонта залегают конгломераты с галькой из подстилающих пород. Такая последовательность отвечает трансгрессивной модели процесса формирования фосфоритов. Не следует, повторяем, смешивать терригенный материал с песчаниками и конгломератами, образовавшимися из самих фосфоритов; такие кластиты не свидетельствуют о близости берега. Часть такого переотложенного фосфатного материала может возникнуть при внутривассейновом обмелении за счет перемыва уже отложенных фосфоритовых слоев или при оползании осадков. Эти переотложенные фосфориты могут быть опознаны по тому, что обломочки фосфатного вещества в них смешаны с обломками карбонатных и прочих вмещающих пород. Чисто фосфатный состав могут иметь только отдельные участки таких кластогенных фосфоритов.

Говоря о подфосфоритовых грубообломочных породах, нельзя не упомянуть о «тиллитах» — конглобрекциях, в которых неотсортированные крупные и мелкие обломки включены в тонкозернистую основную массу. Материал «тиллитов» сугубо местный. Г. И. Бушинский [23, с. 150—153] пришел к выводу о скорее всего пролювиальном происхождении «тиллитов» и случайности их сонахождения с фосфоритами.

Аналогичные конглобрекции наблюдаются и ниже подфосфоритовых доломитов Хубсугульского месторождения. При соединяясь к сторонникам неледникового происхождения этих псефитов, отметим устойчивость их позиции — всегда близ основания платформенного чехла или близ подошвы крупного карбонатного геосинклинального комплекса. Эта позиция вместе с местным характером материала, говорит о том, что «тиллиты» и «тиллоиды», возможно, являются просто морскими конгломератами, механизм накопления которых еще не совсем ясен. Может быть, это продукты оползаний осадков. Так как ни в одном фосфоритоносном разрезе конгломераты не занимают положения выше фосфоритов, ясно, что сонахождение фосфоритов и «тиллитов» соответствует концепции о приуроченности фосфоритообразования к начальной стадии трансгрессивного этапа.

Терригенный материал, с которым ассоциируют фосфориты, как и карбонатный, отлагается на гораздо более широкой площади и в более широком интервале разреза, чем фосфатный. Это, видимо, объясняется тем, что диапазон условий отложения фосфатов намного уже, чем тонкообломочных компонентов. Гораздо шире распространен терригенный материал по сравнению с фосфоритами, например, в среднем кембрии северо-западного Квинсленда (Австралия), в разрезе мело-

са фосфатов из глубин и зон его осаждения зоне осаждения терригенного материала даже только в вертикальном разрезе — явление редкое (Ухагольское месторождение). Оно, как сказано, ставовится заметным только на фоне преимущественно хемогенного седиментогенеза.

Форма и состав терригенного материала, с которым осаждаются фосфориты, говорят о выровненной области сноса, дальнем переносе или о морской абразии низких берегов: песчано-алевритовый материал чаще всего существенно кварцевый, нередко хорошо окатан. Глинистый материал, ассоциирующийся с фосфоритами, изучен недостаточно, особенно для древних фосфоритовых отложений. В формации Фосфория глинистая фракция фосфатоносных каолинов (mudstones) является аддитом при незначительном количестве каолинита [163, с. 313]. Глинистая же фракция из пород среднекембрийской фосфоритовосной пачки Квинсленда почти наполовину состоит из каолинита [188]. Исследования глинистых фракций пород древних кембрийских и рифейских геосинклинальных фосфоритовых пачек Сибири показывают существенно гидрослюдистый их состав. В некоторых мел-палеогеновых фосфоритовых породах Африки глинистая фракция монтмориллонит-аттапульситовая [194]. Для детализации вопроса о том, каково было глинистый материал сопровождает фосфориты, требуется большая систематическая работа с поправками на преобразования глинистых минералов в течение геологической истории. Не исключено, что преимущественно гидрослюдистый состав глины из древних фоссерий — результат постседиментационных преобразований.

О сходстве характеристик терригенных бескарбонатных примесей в фоссериях и переслаженных продуктах коры выветывания всегда дает материал, существенно переработанный выветриванием и транспортировкой. Попадает для него продукт стелла-

в частности, было принято автором [137]) для фосфоритов, отлагавшихся на мелководье, и терригенного материала суши.

Видимо, в осадках зон фосфоритовых скоплений существуют пути фосфатов, выходящие на мелководье, и терригенного материала суши.

В целом причину ассоциации фосфоритов с терригенными примесками можно объяснить так: или море наступало на сушу и фосфаты осаждения была удалена от суши и фосфаты более тонкий и наиболее устойчивый материал.

Связь с кремнистыми образованиями

Понятию «кремнистые образования» относятся тела горных пород и осадочные образования из кремнезема в его различных модификациях. Кремнистые образования, как и карбонатные, распространены гораздо шире, чем сами фосфориты. Их отложения того же возраста, что и фосфоритовых скоплений образуются в тех же условиях и кремнями часто весьма обильно. Однако выделаются на фоне карбонатных разрезов, образующихся в условиях обнажения. Поэтому связь фосфоритов с кремнистыми образованиями, если она и неустойчива, является весьма слабой.

Если фосфориты встречаются в разрезах карбонатных и глинистых пород, то это может быть связано с выветриванием. Малого Каратау в Казахстане, в долине Сарыарки, Митин, В. В. 1957, с. 107.

в частности, было принято автором ранее (см. [50], с. 209 или [137]) для фосфоритов, отлагавшихся по периферии древних выступов.

Видимо, в осадках зон фосфоритообразования просто скреживаются пути фосфатов, выносимых из морских глубин на мелководье, и терригенного материала, сносимого с низкой суши.

В целом причину ассоциации фосфоритов с теми или иными терригенными примесями и породами можно изложить так: или море наступало на низкую сушу, или зона фосфоритообразования была удалена от суши и сюда доходил только наиболее тонкий и наиболее устойчивый материал.

Связь с кремнистым материалом

Понятию «кремнистое образование» отвечают разнообразные тела горных пород и осадков, состоящие преимущественно из кремнезема в его различных модификациях. Кремнистые образования, как и предыдущие компоненты фоссерий (карбонатные и терригенные породы и примеси), распространены гораздо шире, чем сами фосфориты: известно множество отложений того же возраста, что и фосфоритоносные, обогащенных кремнистыми образованиями, но вовсе не содержащих скоплений фосфатов. Однако связь между фосфоритами и кремнями часто весьма наглядна; кремневые слои эффективно выделяются на фоне терригенно-карбонатных или карбонатных разрезов, образуя в отличие от фосфоритов хорошие обнажения. Поэтому связь фосфоритов с кремнями, даже если она и неустойчива, обычно воспринимается как «сильная».

Если фосфориты нередко можно встретить в сплошном поле карбонатных и даже глинистых слоев, то в сплошном поле кремнистых пород они, как правило, не встречаются. Среди сплошных кремнистых пород обычно встречаются лишь убогие залежи фосфоритов или просто скопления фосфатов минералогического значения.

Во всех крупных фосфоритоносных бассейнах и на большинстве мелких месторождений в числе ближайших соседей фосфоритовых пластов присутствуют кремневые залежи. Наиболее ярко это проявляется в фосфоритоносных толщах Западного фосфатного поля США, в кембрийском бассейне Малого Каратау, в Хубсугульском фосфоритоносном бассейне Северной Монголии. Кремневые слои встречаются также вместе с фосфоритами среднего кембрия Австралии. На месторождениях КНР многие залежи фосфоритов сонаходятся с кремнистыми известняками, доломитами, сланцами [21]. Но на самых богатых месторождениях КНР (Кайян и Куньян) рядом с фосфоритами кремневых горизонтов не отмечается, хотя

процесса идут медленно и при осадкообразовании могут проявляться только в тех районах, где и достаточной степени давлены другие процессы седиментогенеза. При этом области фосфато- и кремнеосаждения могут накладываться друг на друга, образуя зоны, в которых оказывается возможным осаждение обоих компонентов,— это зоны умеренных глубин и малого привноса обломочного материала. Отсутствие находок отложений пластовых кремней современного периода долгое время побуждало некоторых исследователей отказываться от гипотезы происхождения силицитов за счет ресурсов самообассейна и искать причину кремнеобразования в действии дополнительных источников: коры выветривания или вулканических аппаратов [68, с. 384—400]. Здесь, несомненно, скаывается и конвергенция, отмеченная для кремневых пород еще Н. С. Шатским [143]. Однако ранее не принималось во внимание одно важное обстоятельство, которое стало осознаваться лишь в последние годы в связи с обсуждением проблемы стратифицированных рудных месторождений и постседиментационной истории осадков [47, 196]. А именно: при рассмотрении вопросов образования пластовых кремней всегда исходили из предположения, что их современная форма и состояние практически соответствуют «первоначальным». Новые материалы позволяют предполагать, что ископаемый облик пластовых кремней (это относится не только к кремням, но и ко многим иным рудным и нерудным образованиям) не результат непосредственного действия источника и механизма осаждения, а продукт многостадийной истории существенных преобразований осадка, в которой большую роль играют перемещения вещества в постседиментационную стадию.

Из кремнистых образований, связанных с пластовыми фосфоритами, лучше всего изучены пластовые силициты формации Фосфория [163, 169, 189 и др.]. Несмотря на то, что эти кремни выделяются в 2—3 самостоятельных члена формаций Фосфория и Парк Сити, границы между кремнями и прочими образованиями практически довольно условны. На литологических профилях и корреляционных таблицах пермских отложений Западного фосфатного поля [163, 189] видно, что кремневые горизонты переплетаются со всеми другими видами отложений, замещают их по простиранию с полной гаммой переходов через кремнистые известняки, доломиты, песчаники, сланцы и фосфориты. Особенно тесное переплетение и взаимопереходы отмечаются между кремнями и кварцевыми песчано-алевритовыми породами формации Шедхори. Многие участки ее песчаных и карбонатных тел нафаршированы кремневыми стяжениями столбчатой и сфероидальной форм; словом, кремневый материал пропитывает всю пермскую толщу, но более или менее обособлен в отдельные пластовые тела (кремневые пачки) местами с весьма нечеткими границами. Внутри

кремней отмечаются фосфоритовые или карбонатные, а также песчаные участки неопределенной или слоеобразной формы. Во многих местах кремни формации Фосфория наполовину и даже на две трети сложены спеклами кремнистых губок. Наблюдаются также обильный глинистый материал и терригенный кварц. В разрезе кремневых пачек чистые кремни чередуются с другими породами, в том числе глинисто-алевроитовыми сланцами. В общем плане кремневые пачки фосфорийского возраста окружают область, где в синхронных отложениях кремни переходят в темные кремнисто-глинистые сланцы. Предполагается, что здесь существовали более глубоководные условия с застойными водами, куда сносился глинистый материал [24]. Правильнее сказать — куда не доходил более грубый материал.

Аналогичная картина в разрезе северо-западных отрогов Тянь-Шаня, где темные глинисто-кремнистые сланцы нижнего кембрия во простирании выказывают литологически более дифференцированные разрезы с кремнями и фосфоритами [1].

Источником кремневых пород являются окисленные Западного фосфатного поля США считается нормальные морские воды, из которых кремнистые выщелачиваются органиками. Подсчеты [163, с. 369—371] показывают реальность этого предположения. Если же допустить еще массивность кремнезема в течение постседиментационных процессов из терригенного материала, необходимость обращаться к вулканическому аппарату или дренажной воде выщелачивания суши отпадает совсем, тем более, что выщелачивание пород вермских отложений, как замечено в [163, с. 373], не указывает на существование в то время достаточного слоя суши. Многочисленные зерна кремней и кремневой гальки в отложениях фосфорийской перми позволяют авторам заключить, что кремни отвердели уже в темные пермские времена. Вместе с тем предполагается, что большая часть массы кремней несет следы существенного «дифференциального» растворения, перераспределения и уничтожения первичной структуры кремнистых осадков. Считается, что глинистые спеклы кремни менее изменены, в то время как чистые пластины кремни с раздувами слоев образовались, вероятно, путем преобразования более проницаемых пластов, где происходило значительное перемещение кремнезема в растворы [163, с. 373—374].

Кремневый горизонт Каратау описан во многих работах (например, [46, 131, 132]). Его залегание в основании фосфоритовой пачки и выдержанность этой пачки по всему бассейну вызывали желание считать кремни продуктами фосфатонакопления. Однако материалы из Фосфория, Хубсугульскому да и по самому Каратаускому бассейнам показывают, что кремни могут залегать как над, так и под фосфоритами, а также встречаться внутри фосфоритовых горизонтов.

На более мелких месторождениях и разрезах видно, что соотношения фосфоритов с кремнями могут иметь любые формы залегания.

Происхождение кремневых пород Каратауского фосфоритового бассейна осадочным (например, [131, с. 132]) или вулканическим (например, [131, с. 133]) происхождением в каратауских кремнях и фосфоритах сплошных скоплений спорно. [46, 141]. Здесь остановимся только на вопросе о связи фосфоритов и этих кремней. Вопрос представляется, важных для понимания происхождения вытекают из сравнения кремневых пород с фосфоритовыми интервалами разрезов с фосфоритами.

Если каратауский разрез фосфоритового комплекса (тамдинской серии) действительно содержит лишь один кремневый горизонт, то он вытекает с перерывами почти по всему разрезу карбонатного комплекса Хубсугульского бассейна, как и в Алтае-Саянском бассейне несколько. Будучи идентичными по составу, не все такие горизонты соседствуют друг с другом, хотя большинство из них залегает в виде отдельных участков фосфатных пород. В Каратау Саяно-Байкальской области, как и в других районах, нередко содержатся также кремнистые губки, а также округлые образования «тонкие радиоларии» [17]. Многие кремнистые породы также обладают параллельными спеклами, вываемой как «тонкая спеклыстая» структура. Авторы обнаруживают «фацциальную» смену спеклыстой брекчиевой через песчановидную структуру, что побуждает рассматривать кремневые породы «несомненно осадочные» и лишь некоторые породы.

Наряду с этим имеются свидетельства о залегании кремни, но залегающие в виде спеклов и в виде тонких отложениях телами, которые могут быть литологическими (например, [149]). Вопрос о происхождении состава и строению кремневых пород зависит от характера залегания, а также от возможности осадочного образования спеклыстых пластовых кремней. Вопрос о прочности связи подобных образований с базальтами низма. Автор, до недавнего времени придерживаясь этой точки зрения [50]. Однако в последние годы появились факты, свидетельствующие о том, что кремни с продуктами вулканизма, особенно в тех случаях, когда они залегают в определенных позициях.

На более мелких месторождениях и фосфатопоявлениях то, что соотношения фосфоритов с кремнистыми образованиями могут иметь любые формы, видно яснее.

Происхождение кремневого горизонта продуктивной свиты Каратауского фосфоритоносного бассейна считается хемогенно-осадочным (например, [131, с. 35]) или, в связи с обнаружением в каратауских кремнях (как и в фосфорийских) сплошных скоплений спикул губок, биогенно-осадочным [46, 141]. Здесь остановимся только на некоторых аспектах связи фосфоритов и этих кремнистых образований, как нам представляется, важных для понимания проблемы. Эти аспекты вытекают из сравнения кремневых горизонтов нефосфоритоносных интервалов разреза с околофосфатными кремнями.

Если каратауский разрез фосфоритоносного карбонатного комплекса (тамдинской серии, нижнего кембрия — ордовика) содержит лишь один кремневый горизонт, который прослеживается с перерывами почти по всему бассейну, то в разрезе карбонатного комплекса Хубсугульского фосфоритоносного бассейна, как и в Алтае-Саянском бассейне, таких горизонтов несколько. Будучи идентичными петрографически, далеко не все такие горизонты соседствуют с фосфоритовыми пластами, хотя большинство из них, хотя бы в слабой степени, на отдельных участках фосфатны. Кремневые горизонты Алтае-Саяно-Байкальской области, как и кремни Каратау и Фосфорий, нередко содержат рассеянные в сгруженные спикулы губок, а также округлые образования, относимые к «отпечаткам радиолярий» [17]. Многие пластовые кремни этой области также обладают параллельнополосчатой текстурой, истолковываемой как «тонкая слоистость». Наконец, нередко кремни обнаруживают «фациальную зональность» — переходы от брекчиевого через песчановидное до массивного строения. Все это побуждает рассматривать кремневые образования как «несомненно осадочные» и лишь «диагенетически измененные» породы.

Наряду с этим имеются петрографически точно такие же кремни, но залегающие секущими по отношению к вмещающим отложениям телами, которые считаются метасоматическими (например, [149]). Идентичность таких кремней по составу и строению кремням согласного, но в то же время изменчивого залегания, а также представления об ограниченной возможности осадочного образования сплошных, массивных, чистых пластовых кремней дали основания предположить вероятность связи подобных образований с процессами вулканизма. Автор, до недавнего времени, тоже разделял подобную точку зрения [50]. Однако поиски доказательств, более убедительных, чем факты сонахождения (в общих чертах) кремней с продуктами вулканизма, привели к несколько иной позиции.

Начнем с того, что в отложениях, никак не связанных с вулканическими образованиями, тоже наблюдаются кремневые тела, идентичные близфосфоритовым. Далее, кремневые тела, на первый взгляд окисленного залегания, при детальном изучении часто оказываются скупками или имеющими тушье обочивание. Нередко «слоистость» из кремневого тела переходит во вмещающие известняки. Примеры осадочности — на дуге Спикул, известность, связанная со слоистостью или полочностью из слоистости. — Выход образований также у кремневых тел очень разнообразен, но в основном от великих кремневых тел. Выход был установлен на расстоянии сотен метров в длину. Связан он с очень частыми, иногда с тонкими пластовыми поперечными изгибами. — Выходы образований — гигантски-

из слоистости известняков. Примеры из кембро-рифейских отложений известны в районе Сибиря, Казахстана и МНР, в том числе в районе Байкала. Выходы из залегания и соотношения с вмещающими известняками показали, что эти кремни образуются в основном в виде осадков или наложенные образования. Обширные примеры залегания кварцево-халцедонных агрегатов известняков — «фосфоритов», карбонатов, известняков, известняков, и других в толще кремневых новообразований сохраняются в виде известняков или тневые реликты. Вместе с тем мощностю кремневых тел (десятки, а нередко и сотни метров) и значительная подчиненность слоистости позволяют предполагать, что это замещение происходило не только в маломощном поверхностном слое осадков, т. е. в зоне, которая обычно называется диагенетической [72, с. 154], но и в довольно уплотненной среде с хорошо сформированной слоистостью. Установлены также факты замещения кремнем уже значительно окристаллизованных карбонатных пород, в том числе крупнокристаллических доломитизированных известняков.

Изучение брекчий и других кластических пород в фосфоритоносных интервалах разрезов Каратауского, Хубсугульско-го и Алтае-Саянского фосфоритоносных бассейнов показало, что количество фрагментов кремней в них несоразмерно мало по сравнению с тем, что можно было бы ожидать от местных перемылов и обрушений. Те включения, которые обычно принимаются за обломки кремней, при детальном изучении оказываются или реликтами кремневых стяжений, недозамещенных в процессе «съедающей» их карбонатизации, или окремненной галькой первоначально иного состава. «Тонкость», очень характерна и для образований метасоматического происхождения [25], что подтверждается наличием такой

полосчатости у явно конкреционных и других образований. То же можно сказать о включениях глобулярных образований в известняках, имеющих в процессе метасоматоза [81].

Наконец, присутствие спикул в известняках рифей в кремнях не устраняет возможности их того происхождения, ибо спикулы в известняках с различным распределением встречены и во вмещающих известняках. Иногда трудно сказать, были ли эти спикулы карбонатными, так как в интервалах, богатых карбонатами, последний чрезвычайно избирательно обогащаются кремневыми включениями, а в известняках, богатых кремневыми включениями, карбонаты не встречаются. Но спикулы кремневыми (что весьма вероятно, если можно говорить лишь о том, что известняки вначале были только обогащены кремневыми включениями превратились в сплошной агрегат известняков). Аналогичное явление наблюдается при образовании конкреций в меловых породах Русской равнины. Спикулы, первоначально включенные в известняки, кремневой конкреции, «скопления» спикул при радиоляриях далеко не всегда содержат кремней, так же как и обилие кремней в известняках соответствует количеству известняков. В известняках скелетного спикулосодержания, которые являются лишь существенным источником кремнезема, однако распределение известняков в последующих значительных количествах кремнезема из других источников.

Признаки того, что известняки являются источником кремнезема из окружающей среды, не только каратауской фосфоритоносной зоны, но и в толще Алтае-Саяно-Байкальской области. В. Е. МакКелви, в телах кремней Русской равнины в районе Айдахо содержится крупная масса кремнезема в виде кластических известняков, которые являются источником кремнезема; сохранились включения кремнезема в криноидей.

В то же время все признаки указывают на то, что в подобных силицитах, которые являются источником кремнезема от замещенной породы. Известно, что в известняках близфосфоритовых образований, богатых известняками, породой здесь были спикулы, которые являются источником кремнезема. масса кремнезема содержится в известняках послойно — с использованием известняков, которые являются существенных особенностей известняков.

полосчатости у явно конкреционных и секущих кремневых образований. То же можно сказать о наблюдающихся в кремнях глобулярных образованиях и оолитах, нередко возникающих в процессе метасоматоза [81].

Наконец, присутствие спикул и проблематичных радиолярий в кремнях не устраняет возможности их метасоматического происхождения, ибо спикулы и радиолярии с таким же распределением встречены и во вмещающих кремни породах. Иногда трудно сказать, были ли эти спикулы кремневыми или карбонатными, так как в интервалах, обогащенных кремнеземом, последний чрезвычайно избирательно замещает органические включения, а в известковых породах палеозоя спикулы бывают и кремнистыми, и карбонатными. Но, если считать спикулы кремневыми (что весьма вероятно, судя по их форме), можно говорить лишь о том, что некоторые части осадков вначале были только обогащены спикулами и лишь впоследствии превратились в сплошной агрегат кварца и халцедона. Аналогичное явление наблюдается при образовании кремневых конкреций в меловых породах Русской платформы, когда спикулы, первоначально включенные в мел, оказываются внутри кремневой конкреции, «скопления спикул губок и скелетов радиолярий далеко не всегда сопровождаются образованием кремней, так же как и обилию кремней не всегда сопутствует соответствующее количество остатков кремневых губок» [22, с. 233]. Вообще же можно говорить о том, что скопления скелетного спикулового кремнезема, несомненно, являлись существенным источником вещества ископаемых кремней, однако распределение последних по разрезу — результат последующих значительных перераспределений и добавлений кремнезема из других источников.

Признаки того, что пластовые кремни представляют собой зоны стяжения кремнезема из окружающего пространства, можно найти в кремнях не только каратауской фосфоритоносной свиты, но и кембро-рифейских толщ Алтас-Саяно-Байкальской области. По письменному сообщению В. Е. МакКелви, в телах кремней Рекс формации Фосфория в юго-восточном Айдахо содержатся крупные (до мили протяженностью) линзы биокластических известняков, которые местами нацело оказались замещены кремнем; сохранились кальцитовыми лишь наиболее крупные членики криноидей.

В то же время все признаки осадочности, наблюдаемые в подобных силицитах, можно истолковать как унаследованные от замещенной породы. Изучение каратауских и хубсугульских близфосфоритовых кремней показало, что замещаемой породой здесь были спонголиты, фосфориты и карбонаты — кремневая масса сохранила реликты их структуры. Замещение происходило большей частью чрезвычайно избирательно, послышно — с использованием тончайших структурно-вещественных особенностей замещаемого материала.

Показательно строение кремневого горизонта месторождения фосфоритов Герес, расположенного на территории области Малого Каратау. Здесь в обнажениях прекрасно видно, как кремневые выделения развиваются по доломиту в виде «слоев» различной формы, но, в общем, подчиненных слоистости доломита. По характеру залегания кремнеземом здешний кремневый горизонт фактически является «доломитовым горизонтом с окремнением» и делится на две примерно равномошные (по 3—4 м) части: нижняя, более выветренная (до 80% объема), и верхняя, где кремней не более 25—30%. Эта часть четко стратифицирована. На протяжении горизонта встречаются места, обремененные кремнеземом, тогда возникает впечатление, что фосфориты, которые должны налегать на кремневый горизонт, залегает прямо на границе «нижних доломитов», который в полных разрезах выстлает кремня. Вышняя же кремневые выделения сливаются, полностью вытесняя выветренный из доломит, образуя сливной «пластовый» кремня. Такая обстановка префосфоритовый кремневый горизонт на месторождении Герес как бы «обнаряжает» и в то же время обнаруживает общую для региона тенденцию: нижняя часть замещаемого пласта (первично доломитовый) более окремнела, чем верхняя. На других участках кремневый материал в нижней части полностью вытеснил более ранний (доломит или фосфорит), в верхней же части сохраняются карбонатно-фосфатные участки. Аналогичные данные поступают из других мест, например [158].

Вторичный характер окремнения во более или менее литифицированных породах хорошо ощущается в залегающей на несколько сотен метров ниже Чулуктауской фосфоритоносной свиты Каратау окремненной пачке доломитовых и алевро-сланцевых пород чичкавской свиты [41] каройской серии. Здесь черные кремни образуют асимметричную по насыщенности кремнеземом зону крупных и мелких сливающихся линзо-слойков и неправильных выделений, форма которых подчинена строматолитовым и другим осадочным текстурам вмещающих пород.

Можно предположить, что источником кремнезема, концентрирующегося вдоль некоторых геологических границ, служат не только остатки кремневых скелетов организмов (как трактуется в [193]) или неорганически осадившиеся кремневые частицы, рассеянные в илах, но и кремнезем, получаемый при постседиментационном растворении и переотложении рассеянного в толще кварцевого и силикатного материала, возможность чего уже обоснована в работах [111, 115, 199]. Тогда становится понятной частая приуроченность кремневых горизонтов к литологическим границам и областям, соседствующим с кремнеземистыми породами. Так как фосфориты тоже приурочены к зонам перемежаемости различных пород, то, возможно, сонахождение кремней и фосфоритов опосредованно является следствием одних и тех же условий седиментации; но эти объекты могут существенно различаться по источнику материала, времени и механизму образования. Можно полагать, что в мощных геосинклинальных толщах, загрязненных кремнеземом и силикатным материалом, формируются более обильные и мощные новообразования кремней, чем в менее мощных и более чистых карбонатных платформенных толщах.

Однако на этот процесс влияют многие факторы, и трудно учесть. Могут сказываться температура, состав растворов, скорость погружения, давление, влажность, зок, степень насыщенности окружающей среды кремнеземом и т. д. Причем, как известно, в конкреции, пока не установлен источник кремнезема, что стягивание эффективнее, чем в первичная обогатенность известняков, сланцев, гипсов и в незначительной степени кварцевых песков, кварцевого песка или известняков. Благоприятных условиях может способствовать стягивание кремнезема именно в этих условиях. Поэтому довольно распространенным является вторичных кремней.

Сказанное не относится к тем породам, которые являются дочным породам, как известняки, сланцы, алевроиты, сланцы (дистые) сланцы, которые несут в себе фосфориты, а сами, протягиваясь в зону фосфоритов, могут поступать из более глубоководной области.

ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ФОСФАТОВ И ФОСФАТОВМЕЩАЮЩИХ ПОРОД

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ

Преобразованию фосфатных пород в постседиментационные стадии посвящено большое количество работ. Это объясняется тем, что кристаллическое апатитовое фосфатное вещество устойчиво к воздействию различных факторов, перемещенный при диагенезе, катексисе и т. д. Только фосфат трудно отличить от его аналогов. Только интенсивное термальное воздействие способно повлиять на его вид.

Фосфатное вещество из различных пород: пермских, ордовикских, девонских, карбоновых временных желваков с морскими раковинами, как физически, так и минералогически.

Поэтому фосфоритовые месторождения породы обычно подразделяются на первичные и метаморфогенную [37, 75]. Такие породы подствующие в литологии, в которых происходит изменение облика и перемещение вещества после литификации осадка в стадии метаморфизма.

Однако на этот процесс влияют многие факторы, трудно учесть. Могут сказываться состав интерстиционных растворов, скорость погружения, влияние различных нагрузок, степень насыщенности окрестностей геохимического барьера кремнеземом и т. д. Причина, вызывающая стяжение вещества в конкреции, пока не установлена [72, с. 169], однако известно, что стягивание эффективнее происходит в первую очередь на «затравки» из того же материала. Следовательно, повышенная обогащенность некоторых слоев кремнеземом, хотя бы и в незначительной степени (в виде скоплений опала, спида, кварцевого песка или пеплового материала), при прочих благоприятных условиях может вызвать дополнительное стяжение кремнезема именно к этим слоям и привести к образованию довольно протяженных в мощных пластов, по сути, вторичных кремней.

Сказанное не относится к таким несомненно первично осадочным породам, как кремнисто-глинистые (кремнисто-слюдяные) сланцы, которые нередко ассоциируют с фосфоритами, протягиваясь в зону фосфатовскопления в виде «языков» на более глубоководной области.

ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ФОСФОРИТОВ И ФОСФАТОВМЕЩАЮЩИХ ПОРОД

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ

Преобразованию фосфатного вещества и его перемещению в постседиментационные стадии посвящено очень небольшое количество работ. Это объясняется отчасти тем, что скрытокристаллическое апатитовое фосфатное вещество довольно устойчиво к воздействию разнообразных факторов. Даже перемещенный при диагенезе, катагенезе и отчасти метаморфизме фосфат трудно отличим от его «первичных» выделений. Только интенсивное термальное воздействие может существенно повлиять на его вид.

Фосфатное вещество из разнообразных по возрасту объектов: пермских, ордовикских, пенсильванских отложений и современных желваков с морского дна — практически одинаково как физически, так и минералогически [165].

Поэтому фосфоритовые месторождения и сами фосфатные породы обычно подразделяют лишь на 2 группы — экзогенную и метаморфоженную [37, 75]. Такое положение отражало господствующее в литологии воззрения, согласно которым изменение облика и перемещения вещества почти прекращаются после литификации осадка и вновь оживляются только при

Несколько иначе истолковывает окремнение Г. И. Бушинский [23, с. 171]: «Окремнение обычно происходит в позднем диагенезе или в эпигенезе, т. е. в осадке или в породе на значительной глубине от поверхности ила». В таком случае оно избирательно, и возникают пластообразные метасоматические конкреции кремня.

Продолжение описания диагенетических изменений фосфатных осадков Каратауского фосфоритоносного бассейна можно найти в статье [132]. Здесь в качестве примеров новообразований называются рассеянные выделения пирита и микроконкреции (сгустки и сферолиты) фосфата. Полагают, что присутствие кремнистого материала препятствует конкрециеобразованию, и смесь фосфата и кремнезема приобретает тонкокристаллическую структуру. К «диагенетическим» отнесены корочки фосфата на фосфатных же или инородных зернах; заполняющий поры фосфатный или кремнистый материал, привнесенный из других слоев; ромбоэдры доломита. К «постдиагенетическим» (катагенетическим) процессам причисляются только залечивание трещин в литифицированной породе доломитом и халцедоном, раскристаллизация доломита (до средне- и крупнокристаллического), кремнезема и фосфата. На этой стадии фосфат замещается доломитом прежде всего по цементу, а затем по зернам. К катагенетическим явлениям относится также раскристаллизация фосфатного вещества в кремнях вместе с процессом раздоломичивания.

Более интенсивные постседиментационные процессы отмечены на мелких фосфатопроизводящих в нижнекембрийских толщах Кузнецкого Алатау и Западного Саяна [79]. Здесь описана фосфатизация карбонатных пород с образованием фосфатных стяжений причудливой формы. Эти стяжения обычно бывают микроскопическими, но иногда достигают почти полуметровых размеров. Описано окварцевание карбонатных пород, образование брекчий в фосфатизированных доломитах вследствие кальцитизации, наложенная фосфатизация известковых доломитов налетами, примазками, жилками, фосфатизация микрослоек водорослей. К сожалению, авторами не приведены соображения о критериях стадийного разграничения таких новообразований, часть из которых может быть и сугубо гипергенной, что лежит уже за пределами темы данного раздела. О том, что такие новообразования все же возникли не в зоне выветривания, подобно карстовым фосфоритам, отчасти говорят приводимые в этой работе факты густого пропитывания наложенных выделений фосфата органическим веществом, чего никогда не наблюдается в гипергенных вторичных фосфоритах. В литологических работах неоднократно встречаются описания фосфатизированных остатков организмов и растений, первоначально состоящих из нефосфатных веществ, например кусков древесины, раковин.

Все такие факты говорят о возможности перемещения фосфатов в осадках в водном растворе.

В подробном и обстоятельном докладе геологов США, описывающих процесс фосфоритовых пород Фосфоритов [162, 163 и др.] и изменениях фосфоритовых осадочных пород после их отложения, так называемых «диагенезиса» (это понятие в геологии обычно охватывает все постосадочные стадии до метаморфизма), касаются только кремнистых пород. Авторы показывают, что кремнистые породы, тесно ассоциируемые с фосфоритами, отлагались в виде кремнистых структурных слоев, в которых происходили постосадочные перемещения кремнезема, привнос его, образование вкрапчат и раздувов кремневых слоев, выпадение галлекона из интерстиционных растворов и превращение биогенного опала в кварц. Все эти превращения образования предполагаются происходящими именно в пермское время, так как синхронные фосфоритам песчаники уже тогда содержали большое количество зерен кремней. При этом, однако, делается сильное веянное допущение о том, что никакой другой источник не мог снабжать пермский бассейн кремневой кластикой.

В 1970 г. была опубликована работа П. Дж. Кука [161], посвященная описанию многократно повторяющегося процесса взаимозамещения тех или иных компонентов фосфоритов Фосфории. Эти изменения автор считает «диагенетическими», т. е. происходящими «вскоре после отложения» материала. Автор изучил все виды пород нижней фосфоритовой пачки (в первую очередь сами фосфориты) из различных пунктов фосфоритового поля. В качестве преобладающих процессов им описаны перемещения главных компонентов пачки: фосфатизация, кальцитизация, силицификация; отмечается также заметная роль доломитизации, ожелезнения, фельдшпатизации, флюоритизации и окисления. Всего выделено 7 стадий взаимозамещений основных компонентов, причем, как можно видеть по иллюстрациям к данной работе, с очень существенной перестройкой структуры первоначального осадка и его последующих модификаций. Большая часть описываемых П. Дж. Куком преобразований происходит на фоне хорошо раскристаллизованной породы, кварцевые кристаллики возникают в пустотах. Разные стадии преобразований развиваются не повсеместно, а могут наблюдаться в разных частях фосфоритовосной области. Кальцитизация, по П. Дж. Куку, относится к более ранним стадиям, чем доломитизация. Доломит замещает уже окристаллизованные минералы и предпочитает развиваться по кремнезему, оставляя нетронутыми фосфатные pellets. Ожелезнение (появление кристалликов гематита) автор определяет как весьма позднюю стадию диагенеза, а окисление трактуется уже как выветри-

вание. Обсуждая вопрос о времени и условиях образования, автор указывает на то, что породы подвергались действию высоких давлений. Какая-то часть осадочных пород поверхности осадков, вообще говоря, не приводит данные о степени кристаллизации на которых стадиях, а также указывает на то, сколько противоречат вышесказанному не за как зоне пластичности в осадках.

В целом работа П. Дж. Кука — интересное внимание на то, что «при выветривании в условиях апатит (в основном в осадках) земных условиях мог бы быть выветривания к аналогичному выводу, в общем, в отношении более ранних стадий, выветривание породы. Аналитически автор наблюдал в фосфоритовых породах кембрия Австралии, южной Каратау.

Естественно предполагать, что изменения могут происходить в осадках в более поздних стадиях, чем доломитизация. А. В. Коптевич [72, с. 112, 113] описывает фосфатом глаукогонита, фосфоритовых пород, так и неизмененных, но с хлоритизацией), выветриванием ритом и другими минералами.

Интересные данные о выветривании фосфатного вещества в осадках, в частности, в сохранении его односторонней кристаллизации в статьях С. Д. Лавина [71, с. 112, 113] отмечается ряд генераций выветривания вплоть до метаморфизма. Автор описывает промежуточные между «осадочными» и «диагенеза» стадиями, но, судя по описанию, диагенеза здесь понимается в смысле современного представления о катагенезе («региональном метаморфизме» и В. Д. Шутову [73]).

Нам представляется, что целесообразно анализировать возможности выветривания изменений (а не в породах) деятельности) признаков выветривания вулканогенных пород, в частности, в [62, 63]. В статье выветривания можно, и выветривания выветривания, благоприятствующая растворению и выветриванию

вание. Обсуждая вопрос о времени и условиях данных преобразований, автор указывает на отсутствие признаков того, что породы подвергались действию высоких температур и давлений. Какая-то часть замещений происходит «сразу ниже поверхности осадков, вскоре после их осаждения». Однако приводимые данные о степени кристалличности пород на некоторых стадиях, а также указание на фельдшпатизацию несколько противоречат нашим представлениям о зоне диагенеза как зоне пластичного и сильно обводненного вещества.

В целом работа П. Дж. Кука — первая, где обращается внимание на то, что «при подходящих физико-химических условиях апатит (в основном карбонат-фторapatит) в подземных условиях мог бы быть относительно мобильным», хотя к аналогичному выводу, в общем, можно прийти и при рассмотрении более ранних работ, описывающих фосфатизированные породы. Аналогичные преобразования П. Дж. Кук наблюдал в фосфатносных породах палеогена США, ордовика и кембрия Австралии, мела Марокко и в образцах из нашего Каратау.

Естественно предположить, что аналогичные преобразования могут происходить и на более глубоких стадиях изменений. Об активном перемещении фосфатного вещества на более поздних стадиях, чем диагенетическая, много писал А. В. Копелиович [72, с. 123, 135, 166, 234], отмечая замещение фосфатом глауконита, фосфатизацию как гидратизированных, так и неизмененных чешуй биотита (иногда совместно с хлоритизацией), замещение фосфата кальцитом, сфалеритом и другими минералами.

Интересные данные о множественности перемещений фосфатного вещества в ордовикских и пермских фосфоритах при сохранении его однообразного минерального состава приводятся в статьях С. Д. Левиной [82, 83, с. 21, 75, 77, 78], где отмечается ряд генераций фосфатов, от седиментационных вплоть до метаморфогенных. Автор не выделяет генерации, промежуточные между «диагенетической» и «метаморфической» стадиями, но, судя по приводимым материалам, стадия диагенеза здесь понимается очень широко, и часть ее, по современному представлению, может быть отнесена уже к катагенезу («региональному эпигенезу», по А. Г. Коссовской и В. Д. Шутову [73]).

Нам представляется, что следовало бы попытаться про-

Обсуждая вопрос о времени и условиях данных преобразований, автор указывает на отсутствие признаков того, что породы подвергались действию высоких температур и давлений. Какая-то часть замещений происходит «сразу ниже поверхности осадков, вскоре после их осаждения». Однако приводимые данные о степени кристалличности пород на некоторых стадиях, а также указание на фельдшпатизацию несколько противоречат нашим представлениям о зоне диагенеза как зоне пластичного и сильно обводненного вещества.

В целом работа П. Дж. Кука — первая, где обращается внимание на то, что «при подходящих физико-химических условиях апатит (в основном карбонат-фторапатит) в подземных условиях мог бы быть относительно мобильным», хотя к аналогичному выводу, в общем, можно прийти и при рассмотрении более ранних работ, описывающих фосфатизированные породы. Аналогичные преобразования П. Дж. Кук наблюдал в фосфатных породах палеогена США, ордовика и кембрия Австралии, мела Марокко и в образцах из нашего Каратау.

Естественно предположить, что аналогичные преобразования могут происходить и на более глубоких стадиях изменений. Об активном перемещении фосфатного вещества на более поздних стадиях, чем диагенетическая, много писал А. В. Копелиович [72, с. 123, 135, 166, 234], отмечая замещение фосфатом глауконита, фосфатизацию как гидратизированных, так и неизмененных чешуй биотита (иногда совместно с хлоритизацией), замещение фосфата кальцитом, сфалеритом и другими минералами.

Интересные данные о множественности перемещений фосфатного вещества в ордовикских и пермских фосфоритах при сохранении его однообразного минерального состава приводятся в статьях С. Д. Левиной [82, 83, с. 21, 75, 77, 78], где отмечается ряд генераций фосфатов, от седиментационных вплоть до метаморфогенных. Автор не выделяет генерации, промежуточные между «диагенетической» и «метаморфической» стадиями, но, судя по приводимым материалам, стадия диагенеза здесь понимается очень широко, и часть ее, по современным представлениям, может быть отнесена уже к катагенезу («региональному эпигенезу», по А. Г. Коссовской и В. Д. Шутову [73]).

Нам представляется, что следовало бы попытаться проанализировать возможность отнесения к процессам стадильных изменений (а не к гидротермальной поствулканической деятельности) признаки замещения апатитом минералов в вулканогенных породах и скопления фосфатов, описанные в [62, 63]. В стадию катагенеза и метаморфизма, а возможно, и выветривания могла создаваться обстановка, благоприятствующая растворению и переотложению фосфатов, ко-

ности осадков или близ нее, а в глубине их. И если стяжения небольшой величины, возможно, возникают в илу на глубине всего нескольких метров, то для возникновения кремневых тел мощностью в десятки и сотни метров требуется соответственное геологическое пространство в виде довольно мощной толщи. Работы Л. И. Салиша [115] показали, что глубины формирования крупных тел технического халцедона доходили до 2,5 км и что процесс этот контролировался слоистой структурой пространства и чувствительно реагировал на его неоднородности.

По-видимому, надо пересмотреть взгляды об ограниченных возможностях перемещения веществ в толщах сформированных осадков. Некоторые литологи до сих пор считают, что перераспределение обрывается при уплотнении осадка, потере им воды [126, с. 464], хотя доказаны широкие возможности внутриформационной миграции растворов разнообразного происхождения, и даже безрастворных форм миграции, сквозь различные, в том числе очень плотные, породы [110]. Об этом могут свидетельствовать, например, кремневые конкреции в базальтах, стянувшиеся, несомненно, в твердой среде, или «эпигенетические» кремневые конкреции в плотнейших докембрийских кремнистых песчаниках [184] и т. д. Кроме того, бурение в океанах и открытых частях морей показало, что толща осадков сохраняет значительную насыщенность влагой даже на глубинах до 1 км. Километровый слой осадков в масштабе открытой части моря (не говоря об океане) представляет собой всего-навсего незначительно уплотненную толщу илов. Только антропоморфические мерки могут побуждать нас рассматривать этот слой как гетерогенное образование, лишенное возможности ионного обмена между своими частями, как это сделано в работе, доказывающей постоянство солености океанических вод с сеномана по настоящее время на основе сходства с ними поровых растворов из всех слоев, вскрытых на дне океана [128]. Не отрицая возможности существенных изменений солености воды океана и, в общем, поддерживая такую концепцию, думаем, что постоянство солености поровых вод в донных отложениях океанов вполне может быть объяснено эффектом выравнивания состава поргребенных жидкостей в результате обмена с наддонной толщей воды и внутри толщи илов и свидетельствовать о значительном водообмене в пределах мощной толщи.

Трудно установить, в какую именно стадию и на какой глубине формировались кремневые новообразования. Отметим только, что интуитивно улавливается определенная корреляция их численности или размеров с возрастом и мощностью вмещающих толщ, с количеством силикатных и кварцевых примесей и явная предпочтительность карбонатной среды для локализации кремневых тел. Видимо, не следует

ничиваться предположениями о возможности миграции кремнезема только в самой верхней зоне осадков. Наблюдается значительное петрографическое сходство, например, явно гидротермальных черных кремней в кембрийской толще, связанных с палеозойским интрузивом, с типично осадочными. Ничем не отличается от последних облик явно перераспределенного кремня, цементирующего тектоническую брекчию в замке небольшой напряженной складки в карбонатных рифейских слоях, т. е. образовавшегося на значительной глубине в процессе складкообразования мощной карбонатной серии. Количество таких примеров велико, а возможность различать по характеру залегания кремни разных генераций в конкретных случаях устанавливается довольно отчетливо.

Представляется, что многое из сказанного о кремнях можно перенести и на фосфатные образования. Скрытокристаллический фосфат разных генераций морфологически остается неизменным, а если и меняет облик, то весьма прихотливо. Не исключена возможность подразделения генераций фосфатов с помощью более тонких различий, например по содержанию элементов-примесей, но обоснование этого разделения сталкивается с большими техническими трудностями (например, по очистке материала) и трудностями обоснования представительности выборок, ибо закономерности здесь являются статистическими. Подвижность фосфата вполне сопоставима с подвижностью карбонатов и кремнезема, так как именно с ними происходит обмен и взаимозамещение. Наши наблюдения при изучении фосфоритоносных разрезов Каратауского и Хубсугульского фосфоритоносных бассейнов показали, что фосфориты и вмещающие их породы в ряде случаев имеют признаки существенных преобразований более раннего состава и что концепция о лишь незначительных (внутрислоевых) перемещениях материала может оказаться далекой от реальности.

Петрографическое изучение пород фоссерий Каратау и Хубсугульского месторождения приводит к заключению о том, что, хотя процессы фосфатизации, окремнения и карбонатизации неоднократно повторяются, в общем плане можно наметить следующую последовательность событий: 1) фосфатизация пород и озернение фосфатного вещества; 2) окремнение фосфоритов; 3) карбонатизация.

ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ФОСФАТНОГО ВЕЩЕСТВА И ИЗМЕНЕНИЕ ЕГО СТРУКТУРЫ

Исходя из современных данных о зонах фосфатонакопления в морских илах [4, 155], а также из экспериментов по осаждению фосфатов из растворов [119, 120 и др.], наиболее ранний облик фосфатного осадка можно представить себе

в виде ила, обогащенного мелкими комочками фосфата. Такое осажде-ние фосфата на дне бассейна сразу же изменяет его состав. В современную эпоху в илах оседают глыбы фосфатов, связанные с океанского хребта [7], с тектоническими образованиями.

Однако рассеянный фосфат, в лабораторных опытах, в илах оседает в комочки. Размеры комочков чуть более. Считается, что фосфатные зерна, оолиты, конкреции.

Факты окатанности, а также перемешивания и т. д. свидетельствуют о неоднородности стяжений, разном размере зерен и цементации их.

Фосфатные зерна, в течение дней жизни осадка. В процессе жизни, под которым мы понимаем структуру первоначальной осадочной однородной до этого фосфатной породы, этим другую породу, в виде осадочного слоя афанитового фосфата. Скрытокристаллический фосфат был, всегда стремится в процессе выражения образования в однородной фосфатной массе множество центров кристаллизации, структуру тесно упорядочивая в слонистого строения. Облик конкреций о том, что эта стадия кристаллизации ваясь черемывами. Процесс кристаллизации становится чаще всего в виде, в том числе пузырьки, структура в современной фосфатной пород, никогда не бывшие метасоматических руд. В процессе образования

В разрезах продуктивных осадков множество довольно мелких оолитов, в них оолитовый, судя по их облику, оолитовый, новить по причудливому облику «растания», который

в виде ила, обогащенного тонкорассеянным фосфатом или мелкими комочками фосфата. Пока неясно, может ли химическое осаждение фосфата быть настолько интенсивным, чтобы на дне бассейна сразу же возникали целые слои апатитового состава. В современных морях такие явления неизвестны, а глыбы фосфатов, извлеченные со склонов Срединно-Тихоокеанского хребта [7], скорее всего надо считать метасоматическими образованиями.

Однако рассеянный фосфат, как показывают даже элементарные опыты, в жидкой среде всегда стремится стянуться в комочки. Размеры комочков не превышают миллиметра или чуть более. Считается, что именно таким путем создаются фосфатные зерна, оолиты, пеллеты, пизолиты и более крупные конкреции.

Факты окатанности, истертости фосфатных желваков, а также перемешивания их с инородным материалом свидетельствуют о неоднократных перебивках илов с уже сформированными стяжениями, неоднократных обрастаниях фосфатных зерен и цементации их.

Фосфатные зерна, возможно, возникают на разных стадиях жизни осадка. Некоторые возникают в процессе грануляции, под которым мы понимаем возникновение зернистой структуры первоначально афанитового вещества. Озерняется однородная до этого фосфатная масса, замесившая перед этим другую породу, или масса так или иначе сформированного слоя афанитового фосфорита. По-видимому, афанитовый скрытокристаллический фосфат, в каком бы состоянии он ни был, всегда стремится перейти в зернистую форму. Этот процесс выражен образованием сферолитового фосфорита, когда в однородной фосфатной массе одновременно возникает множество центров кристаллизации и вещество приобретает структуру тесно упакованных сферолитов концентрически-слоистого строения. Обломки сферолитов в фосфоритах говорят о том, что эта стадия проходит в свежих осадках, прерываясь перебивками. Примерно так же образуются оолиты, только в этих случаях центрами одновременной кристаллизации становятся чаще всего инородные включения в фосфате, в том числе пузырьки и трещинки. Оолито-зернистая структура в современных фосфатных конкрециях на дне океанов, никогда не бывших пластичными, такая же структура метасоматических руд металлов свидетельствуют о возможности образования подобной структуры и в плотной среде.

В разрезах продуктивной пачки Каратау можно найти множество довольно мощных слоев, которые после возникновения в них оолитовой, пеллетной и сферолитовой структур, судя по их облику, остались неперебитыми. Это можно установить по причудливому узору концентрических каемок «нарастания», который возникал между неподвижными грану-



Рис. 3. Взаимоотношения скорлуповатых каемок в оолитовом фосфорите (месторождение Джилан Каратауского бассейна). Увел. 250. Концентрические зональные участки стыкуются под углом, а на границах между ними отсутствуют какие-либо признаки окатывания («пылевые рубашки» и т. п.) (а — бесструктурный фосфат, к — кварц).

жится заметно больше нефосфатной кластики — зерен кварца, замутненных карбонатов, биогенного детрита.

Процесс приобретения фосфатной массой зернистой структуры путем стягивания выражается не только в образовании сферолитовых, оолитовых и pelletных фосфоритов и пластобразных фосфоритовых конкреций [23, с. 172]. Может возникнуть и неясно выраженная сгустковая структура (текстура), которая обнаруживается в афанитовом фосфорите только по неравномерной окраске. Видимо, сгусткообразование зависит от присутствия в фосфатном материале пигментирующих органических примесей. Отмечено, что сферолитовой и оолитовой структурой обладает более чистое фосфатное вещество, а сгустковой или афанитовой — более пигментированное. Фосфориты Каратау в массе менее пигментированы, чем хубсугульские. Возможно, именно это и определило слабое развитие в последних оолитовых и сферолитовых структур и преобладание сгустковых и бесструктурных руд.

От сгустковых фосфоритов наблюдаются все переходы к яснозернистой структуре. Часть сгустков со временем приобретает более четкие формы; затем вокруг них возникает периферическая каемка, и сгусток превращается в типичный pellet, переходящий по мере увеличения количества каемок в оолит. Тем самым разрешается загадка pelletобразования. Pelлеты не всегда представляют собой фосфатизированные копролиты [23, 24] или замещенные карбонатные pelletты [148]. Они могут быть просто микростяжениями или возникнуть путем изменения структуры сплошного фосфорита.

лами (рис. 3), по отсутствию пылевых «рубашек» на контактах гранул и между хотя бы некоторыми каемками. При этом наблюдаются самые разнообразные взаимоотношения оолитовых каемок, вплоть до примыкания одних к другим под прямым углом. Д. Шелдон и его коллегами в некоторых образцах пермских фосфоритов формации Фосфория США удалось наблюдать, как сквозь pelletты и вмещающее вещество проходят реликты тонких глинистых слоев (письменное сообщение В. Е. МакКелви), что свидетельствует о наложенности таких pelletт. Кроме того, замечено, что явно перемытые зерна фосфата, как правило, мутные, и в перемытом фосфорите, представлявшем собой, по сути дела, фосфатный песок (что видно по косой слоистости или знакам ряби), содержит

Время pelletтообразования в ископаемом состоянии встречается в самой различной стадии на какой-то стадии жизни организмов непонятно. Надо заметить, что в Хубсугульского бассейна pelletты чаще всего оказываются в осадках. Pelлеты не несут следов деформации в то время как наверняка в осадках осадках нередко обнаруживаются в другое. Возможно, в осадках. Но это, в общем, незначительная коизвестная аргументация в пользу хождения конкреций (или конкреций истинных включений в осадках вне конкреций). Рассуждения о многих слоях древних осадков складчатой области, в частности морфизм, вне каких бы то ни было очень незначительно деформированные сформированные остатки фосфата и конкреции. Видимо, степень деформации и включений во многих случаях

Перемещение фосфата в осадках вено многочисленными включениями кластики и органогенные структуры вмещающей массы. В первую очередь органогенные — органический. Среди множества органических в палеозойских и более древних фосфатных могут быть даже хитинопод. В ископаемом же состоянии ли не все органические остатки фосфоритов. В каратауском фосфорите встречаются и обломки браконид, и ряд неопределенных насекомых и генных фрагментов. Фосфатные встречаются по всему району за ее пределами. В частности, мянутой выше пачке (содержащей свиты), залегающих внутри в нескольких сотнях метров

Время фосфатизации фосфата ни отложения фосфата, с которыми фосфата обволакиваются кулы. Фосфатизация редко приводит к органическим остаткам даже незначительным та к органическим остаткам

Время пеллетообразования совершенно неопределенно: в ископаемом состоянии встречаются фосфориты, пеллетированные в самой различной степени. Обрывается ли этот процесс на какой-то стадии жизни осадка или продолжается далее — непонятно. Надо заметить, что в некоторых слоях фосфоритов Хубсугульского бассейна пеллеты бывают сплюснутыми, но чаще всего оказываются все же изометрично круглой формы. Пеллеты не несут следов взаимного деформирования, в то время как наверняка кластические зерна во вмещающих осадках нередко обнаруживают признаки вдавливания одного в другое. Возможно, несплюснутые пеллеты — более поздние. Но это, в общем, ненадежный аргумент, так же как и широкоизвестная аргументация гипотезы диагенетического происхождения конкреций (присутствие в них несплюснутых фаунистических включений в отличие от сплюснутых включений вне конкреций). Рассуждение вроде бы очень логичное, но во многих слоях древних отложений, например, Алтае-Саянской складчатой области, испытавших большие нагрузки и метаморфизм, вне каких бы то ни было конкреций встречаются очень незначительно деформированные или даже вовсе не деформированные остатки фауны, а также идеально округлые конкреции. Видимо, степень деформированности и осадков и включений во многом зависит от сугубо локальных условий.

Перемещение фосфата в стяжения происходит соответственно многочисленным неоднородностям в среде — включениям кластики и органогенного детрита, а также изменениям структуры вмещающей массы. Фосфатизация включений, и в первую очередь органогенных, — процесс широко распространенный. Среди множества органических остатков, встречаемых в палеозойских и более древних фосфоритах, первично фосфатными могут быть лишь раковинки беззамковых брахиопод. В ископаемом же состоянии фосфатизированы едва ли не все органические остатки, находящиеся поблизости от фосфоритов. В каратауских фосфоритах фосфатными оказываются и обломки брахиопод, и спикулы губок, и хиолиты, и ряд неопределенных палочковидных и гроздеобразных биогенных фрагментов. Фосфатизированные спикулы губок здесь встречаются по всему разрезу продуктивной свиты и далеко за ее пределами. В частности, они обнаружены нами в упомянутой выше пачке окремненных доломитов (чичканской свиты), залегающих внутри подфосфатной каройской серии в нескольких сотнях метров ниже фосфоритового горизонта.

Время фосфатизации спикул, возможно, близко ко времени отложения фосфата, судя по тому, что оолитовыми каемками фосфата обволакиваются уже фосфатизированные спикулы. Фосфатизация редко рассеянных спикул говорит о стягивании даже незначительных количеств рассеянного фосфата к органическим остаткам или вообще включениям. Другой

пример фосфатизации по органическим текстурам — фосфатизация строматолитов. Она широко развита на Белкинском месторождении [123], описана в докембрийских породах одного из районов Индии [194], отмечается в шлифах по ряду образцов фосфоритов Каратау (особенно в железо-марганцевом горизонте). Время фосфатизации строматолитовых слоев определить пока не по чему, так же как невозможно доказать утверждение о первичной фосфатности водорослевых остатков [154].

Описанные перемещения фосфатного вещества со стремлением к образованию сгустков, сгустков в сгустках (так называемых глобулитов) и корочек, по-видимому, происходят на всем протяжении истории породы. Наряду с пеллетами, возникшими при гранулировании афанитового, а также явно кристаллического фосфатного вещества (например, в шлифах мезозойских фосфоритов Сирии наблюдался переход яснокристаллической структуры костного фосфата в афанитовую с последующим распадением на типичные пеллеты), среди фосфатных элементов фосфоритов могут встретиться пеллеты, образованные и по копролитам, и по известковым пеллетам, и по раковинкам фораминифер, и аккреационные и т. д., причем все они будут очень сходными. Вопрос о способе и времени происхождения структуры того или иного участка фосфоритового слоя требуется рассматривать сугубо индивидуально.

При перемещениях фосфатное вещество остается очень сходным в пределах некоторого региона как макроскопически, так и микроскопически. Преобразования в свежих отложениях практически не меняют его характеристики. Более поздние — возможно, катагенетические (постдиагенетические) и, наконец, метаморфические — преобразования лишают фосфат пигментации.

Завершая этот раздел, отметим, что по аналогии с кремнистыми образованиями можно ожидать, что, стягиваясь, фосфатное вещество может образовывать линзы и пластобразные тела самого различного размера. Их не всегда можно отличить от первично осадочных образований, и только форма или незначительные размеры могут навести на мысль о необходимости проверки седиментационного характера этих выделений. Думается, многие из небольших линзовидных выделений фосфатов в самых разнообразных осадочных толщах образовались путем стягивания фосфата, до этого рассеянного по осадку. Какие размеры имеет радиус фосфатного «дренажа» при образовании стяжений, пока неизвестно.

Фосфат, явно заместивший карбонаты или кремнезем, т. е. «диагенетический» или более поздний, не отличается от фосфата сингенетического — он тоже окрашен, скрытокристаллическ. Видимо, замещение скелетных фрагментов, как и

образование вторичных фосфатов, происходит на глубинах от поверхности. Фосфатизация, т. е. более поздний, фосфатизация) часто выпадает в виде бесцветного апатита.

В отличие от карбонатных образований, скрытокристаллическое образование апатитовой массы требуется отложилась. Если переотложение кристаллические массы, яснокристаллическая фазы возникает при переотложении или при термальном воздействии на фосфатную массу.

ОКРЕМНЕНИЕ ФОСФОРИТОВ

Отдельные фосфатные зерна, ассоциирующие с фоссерием, встречаются в любом рудопроявлении.

Долгое время автор, вместе с другими, рассматривал эти факты как «тесную ассоциацию фосфата и кремнезема, сонаходящихся в одном и того же источнике вещества или процессов соосаждения кремнезема», отрицая, в принципе, возможность такого менем пришлось детальнее рассмотреть заметного непостоянства связи между фосфатными образованиями при зрелых стадиях пространении кремней. Детальное исследование кремней было выявлено наличием фосфатных образований различной степени зернистости, в том числе и нистым.

В разрезе фосфоритоносной породы узкого бассейна, как было сказано, подстилается кремневым. В разрезе кремневая порода массивная, с низкой степенью фосфатна, кверху фосфатизация постепенно возрастает, и здесь фосфатизация с фосфоритами, имея с кремневыми границами кремния с фосфоритами в виде

образование вторичных фосфоритов, происходит на малых глубинах от поверхности толщи осадков. Вытесненный же, т. е. более поздний, фосфат (при окремнении или карбонатизации) часто выпадает в виде хорошо окристаллизованного бесцветного апатита.

В отличие от карбонатного материала, быстро перекристаллизовывающегося под нагрузкой при погружении слоев, скрытокристаллическое апатитовое фосфатное вещество не меняется и не окристаллизовывается даже при погружении на 5—8 км. Для раскристаллизации скрытокристаллической апатитовой массы требуется, чтобы она растворилась и перетолжилась. Если переотложение происходит в условиях малых давлений, возникают главным образом вновь скрытокристаллические массы, как при образовании карстовых фосфоритов. Яснокристаллический же апатит, по-видимому, возникает при переотложении фосфата под большим давлением или при термальном воздействии на скрытокристаллическую фосфатную массу.

ОКРЕМНЕНИЕ ФОСФОРИТОВ

Отдельные фосфатные зерна, группы зерен и целые участки афанитового фосфата встречаются в кремнистых породах, ассоциирующих с фоссериями, как было сказано, почти на любом рудопроявлении.

Долгое время автор, вместе со многими другими, рассматривал эти факты как «тесную парагенетическую связь» фосфата и кремнезема, сонаходящихся вследствие действия одного и того же источника вещества этих минералов (и пород) или процессов соосаждения кремнезема и фосфата [68]. Не отрицая, в принципе, возможности таких объяснений, со временем пришлось детальнее изучить этот вопрос вследствие заметного непостоянства связи между фосфатными и кремневыми образованиями при значительно более широком распространении кремней. Детальным петрографическим изучением кремней было выявлено множество фактов замещения фосфатных образований кварцево-халцедоновым агрегатом различной степени зернистости, в том числе очень тонкозернистым.

В разрезе фосфоритоносной чулактауской свиты Каратауского бассейна, как было сказано, фосфоритовый горизонт подстилается кремневым. В нижней части последнего кремневая порода массивная, сливная и в очень незначительной степени фосфатна, кверху фосфатность ее более или менее постепенно возрастает, и здесь кремнь «переслаивается» с фосфоритами, имея с ними нечеткую границу. Заметим, что границы кремня с фосфоритами в данной свите условны;

в них сказывается стремление изобразить разрез как чередование «слоев». Фактически же в верхах кремневого горизонта наблюдается сложное переплетение кремнево-фосфатных и фосфатно-карбонатных выделений линзо-, слоеподобной и неправильной формы с постепенным исчезновением кремневого материала, т. е. та же картина, которая характеризует кремневые «кольца Лизенгауга», возникающие при образовании многих кремневых стяжений в карбонатных породах: одна из границ по содержанию кремнезема резка, другая — расплывчата.

Включенные в кремне зерна и оолиты фосфата, а также целые группы их, образующие слойки, несут повсеместно следы замещения кремнеземом. Это достаточно хорошо описано в работах [131, 132]. Но требуется добавить, что и между фосфатными включениями по всему объему кремневого горизонта разбросаны теневые реликты полностью замещенных фосфатных образований. Можно наблюдать чрезвычайно избирательное замещение кремнеземом фосфоритовых включений с подчинением характера распределения кремневой массы тончайшим особенностям структуры и текстуры замещаемой породы, в первую очередь — слоистости и зернистости. Размеры полей неоднородностей в пределах фосфатных включений соизмеримы с неоднородностями в кремневой массе. Все это, вместе с изложенными соображениями о природе пластовых кремней, позволяет считать, что фосфатные включения в кремне чулактауской свиты — реликты почти сплошной фосфатной массы, замещенной кремнем.

В ряде случаев удалось увидеть (в фосфоритах Каратау и рифейских фосфоритах Алтае-Саянской области), что кварцевый цемент заместил зернистый фосфат (или карбонат) — между уцелевшими фосфатными пеллетами видны «призраки» замещенных пеллет (рис. 4). Таким образом, окремнение — процесс, разубоживающий фосфориты. Совершенно избирательно может замещаться кварцем фосфатная галька — возникает кремневая псевдогалька.

Пока нет возможности отрицать то, что в первоначальном виде фосфоритоносные отложения представляли собой переплетение кремневого и фосфатного материала. Соосаждение фосфата и кремнезема установлено хотя бы по присутствию в глинисто-кремнистых породах продуктивной свиты Каратау спикул губок, часть которых, несомненно, была кремневыми, и местами эти спикулы образовывали густые скопления. Однако оформление подфосфоритовых кремней и особенно надфосфоритовых кремневых слоев, а также зоны, богатой кремневыми стяжениями, в верхней части чулактауской свиты и непосредственно над ее кровлей (выше железо-марганцевого горизонта) в их современном виде произошло, скорее всего, уже постседиментационно, в процессе перераспределения

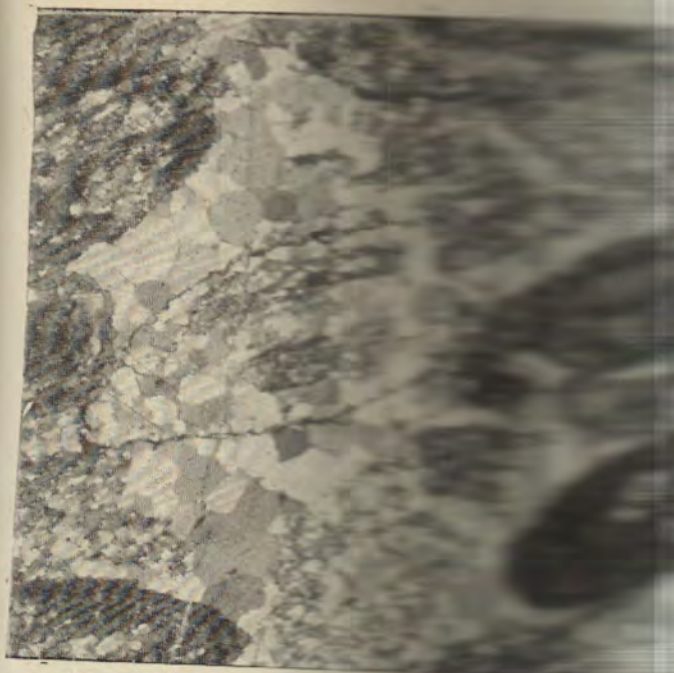


Рис. 4. Шлиф рифейского фосфата Чулактауской свиты. «Призраки» пеллет фосфата, замещенного кремнеземом. Увел. 50.

кремнезема, полученного, вероятно, из фосфоритов, содержащихся во вмещающих породах. В пользу последнего соображения говорят слоистость пластовых и конкреционных образований, как было сказано, к зоне окремнения, а также ликатно-кварцевого состава, и то, что в основном это чисто карбонатной толще. В то же время в кремневых образованиях присутствуют также кремневые образования, напоминающие подобия кремневых пеллет Чулактауской свит. Вероятно, большая часть этих выгубки жили здесь толще карбоната, а затем же сменились карбонатными.

В ряде шлифов из фосфоритов Чулактауской свиты Каратау обнаруживались включения, напоминающие те, которые в стороны распространяются от фосфоритовых включений. Это окремнение. Это окремнение является результатом окремнения является окремнение фосфоритоносной толще Чулактауской свиты (продуктивной толще Каратау) можно наблюдать окремнение

как чередо-
горизонта
фосфатных и
слюдянистой и
кремне-
характеризует
при образова-
породах: од-
другая —

фосфата, а также
вместно сле-
описано
и между
горизон-
замещенных
из-
включе-
кремневой мас-
замещае-
зернистости.
фосфатных вклю-
кремневой массе.
о природе
фосфатные вклю-
почти сплош-

Каратау
области), что квар-
или карбонат) —
«призраки»
окремнение —
избира-
галыка — воз-

первоначальном
собой пере-
Соосаждение
присутствию
Каратау
кремневыми,
скопления. Од-
особенно над-
богатой крем-
свиты и
марганцевого
скорее всего,
распределения



Рис. 4. Шлиф рифейского фосфорита Морского хребта (Забайкалье). Видны «призраки» пеллет фосфата, замещенного кварцем. Никели слегка скрещены. Увел. 50 (образец Н. Н. Егоровой).

кремнезема, полученного, видимо, при растворении минералов, содержащихся во вмещающих породах [111, 115, 199]. В пользу последнего соображения говорит приуроченность пластовых и конкреционных кремней в каратауском разрезе, как было сказано, к зонам, соседствующим с областями силикатно-кварцевого состава, в то время как внутри мощной чисто карбонатной толщи, залегающей выше фосфоритов, кремневые образования представляют собой лишь миниатюрные подобия кремневых горизонтов чичканской и чулактауской свит. Вероятно, большую роль сыграло и то, что кремневые губки жили здесь только в век фосфатонакопления и позже сменились карбонатными.

В ряде шлифов из фосфатно-кремнистых пород бассейна Каратау обнаруживались подводящие каналы-трещинки, от которых в стороны распространялось послойное сплошное окремнение. Это показывает, что, по крайней мере, часть окремнения является довольно поздней. Кроме того, в фосфоритоносной толще одного из хорошо обнаженных участков продуктивной толщи Каратауского бассейна (участок Джилан) можно наблюдать караваеобразные кремневые выделе-

ния, наложенные, как это хорошо видно, на фосфатно-карбонатно-кремнистые сланцы с четким пересечением их слоистости границей кремня. Сам кремневый горизонт бассейна Каратау фактически составлен из гигантских стяжений горизонтально столбчатой конфигурации. По нижней границе горизонта они залитообразно «внедряются» в «пнижний» доломит, во-с-где среза его слоистость, что тоже может говорить о некоторой удаленности среза во время формирования кремней. Образование же кристаллов апатита вокруг оолитов и пеллет при вытеснении их фосфата кремнеземом, возможно, говорит о значительных нагрузках.

На Хубсугульском месторождении фосфоритов существенное окремнение фосфоритовосной пачки было отмечено в ряде мест. Интересен пункт, расположенный на пересечении пачки с правым притоком р. Арасан-Гол, устье которого находится против устья р.ч. Монголин-Гол. Здесь должна обнажаться продуктивная пачка, но в разрезе только кремнисто-карбонатные породы, местами хорошо сохранившие внешний облик фосфоритов. В шлифах видно, что порода нацело сложена кварцево-халцедоновым агрегатом и агрегатом друзового кварца, сквозь которые явственно просвечивает пеллетная и оолитово-пеллетная структура замещенного фосфорита. Местами удается обнаружить редкие незамещенные реликты фосфата — точно такие же пеллеты с периферической каемкой характерной дымчато-коричневатой окраски.

В образцах, взятых на пересечении фосфатосной пачки р. Хэсен-Гол, в реликтах кремневой массы среди карбоната обнаружены рассеянные реликты фосфатных участков.

На всех осмотренных нами участках выходов фосфоритов Хубсугульского месторождения — в четырех удаленных друг от друга пересечениях — обнаруживалось настолько интенсивное замещение фосфорита кремнем, что в результате на месте многих фосфоритовых слоев возникли сплошные сили-

тором пеллеты почти целиком замещенные кремнем, а вытесненный фосфат вышел в виде друз хорошо округленных кристаллов. Последние, в свою очередь, частично замещены кремнем. При замещении кремнеземом (или другими минералами) фосфоритов на фоне кремнеземистой структуры, поэтому замещения не удается. На замещенных фосфоритах иногда встречается экстраполяция фосфоритов к заключению о значительных нагрузках.

КАРБОНАТИЗАЦИЯ ФОСФОРИТОВ

При карбонатизации фосфоритов сохраняются гораздо чаще, чем при окремнении, нередко крупнокристаллические фосфориты. Исходит по уже окремнению фосфатно-кремнисто-карбонатные первые два компонента имеют форму друзовидной формы — от мелких до причудливой.

Ранее сочетание фосфоритов и карбонатов образований воспринималось как «карбонатизация» или «карбонатизация» карбонатных и фосфоритовых слоев. Материалы фосфоритовых месторождений, состоящих из тонких слоев фосфоритов, в которых толщина слоев необходимо крайне мала, к такой, чисто «осадочной» карбонатизации фосфоритов с карбонатными включениями широчайше проявляющейся.

тором пеллеты почти нацело замещены кремнистой массой, а вытесненный фосфат выпал в межпеллетном пространстве в виде друз хорошо огаиенных кристалликов апатита. Последние, в свою очередь, частично замещены кремнем.

При замещении кремнеземом бесструктурных (афанитовых) фосфоритов на фоне кремневой массы не видно реликтовой структуры, поэтому определить масштабы или сам факт замещения не удастся. На примерах же окремнения структурированных фосфоритов иногда удается выдвинуть предположения экстраполяционного характера, которые приводят к заключению о значительных масштабах этого процесса.

КАРБОНАТИЗАЦИЯ ФОСФОРИТОВ

При карбонатизации фосфоритов их реликтовые структуры сохраняются гораздо хуже, так как замещающий карбонат чаще всего оказывается хорошо раскристаллизованным, нередко крупнокристаллическим. Карбонатизация часто происходит по уже окремненным породам и приводит к образованию фосфатно-кремнисто-карбонатных пород, в которых первые два компонента могут сохраняться полями самой разнообразной формы — от типично слойковой до совершенно причудливой.

Раннее сочетание карбонатных, кремнистых и фосфатных образований воспринималось как переплетение соосаждавшихся карбонатного и фосфатного материалов, как «переслаивание» карбонатных и фосфатных (фосфатно-кремнистых) слоев. Материалы исследований кембро-рифейских фосфоритовых отложений говорят о том, что при изучении древних толщ необходимо крайне осторожно и критически относиться к такой, чисто «осадочной» интерпретации форм соотношения фосфоритов с карбонатным материалом, ибо обнаруживается широчайше проявленный процесс карбонатизации фосфоритов. К таким же выводам последнее время приходят и другие исследователи каратауских и хубсугульских фосфоритов [44, 61].

В разрезах карбонатно-терригенных серий Хубсугульского фосфоритового бассейна нами обнаружены случаи сплошной карбонатизации относительно крупных геологических тел силикатного состава, например полойных даек диабазов, которые становятся внешне неотличимыми от известняков. Другой факт. В верхней части нефосфоритовой рифейской дархатской серии Хубсугульского бассейна среди глинистых сланцев залегают слои чистых белых доломитов мощностью до 20 м, протягивающиеся на многие километры. Отмечается непрерывный ряд от мелких выделений таких доломитов в глинистом сланце до крупных линз и зон сливающихся линз. «Слои» подобных доломитов, как можно установить по таким переходам, представляют собой зоны слившихся линзовидных карбонатных конкреций, чем полностью аналогичны упомянутой зоне окремнения в каройских (чичканских) доломитах разреза Каратау.

Линзы вторичных известняков размером до 8—10 м в длину и 1—2 м по мощности, которые огибаются слоями вмещающих пород, описаны в нижнем карбоне Верхоянского хребта [21]. В этих конкреционных линзах сохраняются реликты замещенного кремнистого вещества, присутствующего вкрапленность пирита, включенная бурого фосфата, спикулы губок и раковинки радиолярий.

Такие примеры, число которых можно было бы увеличить, показывают, что процессы карбонатизации могут приводить к образованию псевдоосадочных мощных и протяженных вторичных карбонатных тел. Возможно даже, что карбонатизация дарьятских сланцев проходила по уже рассланцованным породам.

Признаки существенной карбонатизации фосфоритовых слоев обнаружены в разрезах фосфоритоносной пачки Хубсугульского месторождения вместе со следами предшествующего карбонатизации окремнения фосфоритов.

У р. Арасан-Гол в основании того интервала разреза, который соответствует нижней части фосфоритовой пачки, залегают плитчатые черно-буроватые доломиты, чередующиеся с массивными известняками, содержащими включения черного кремня неправильной формы. Эти включения, как установлено в шлифе, являются реликтами, оставшимися после замещения сплошного известняка карбонатом. Замещение происходило как путем фронтального «стыдения» известняковой массы с внешней стороны и разоблажения ее на островные реликты, так и внутри реликтов, оставляя от кремневого выделения «выделенную скорлупку» извилистой очертаний. В агрегате карбонатных кристаллов сохраняются «скорлупки» недозамещенного кремня. Кремневые же реликты, в свою очередь, сохраняют «признаки» пеллетной структуры замещенного фосфорита. Таким образом, место массивного известняка первоначально занимал пеллетный фосфорит, который был впоследствии почти целиком замещен кремнем, а затем частично, но в значительной мере кальцитом. Фосфата осталось чуть более, чем в обычном известняке. Слой замещенного фосфорита имел мощность около 10 м.

Выше этого известняка следует черный антраконитовый известняк с аналогичными структурами замещения. В шлифе сквозь крупнокристаллическую, гипидиоморфнозернистую структуру агрегата кальцита отчетливо проступает пеллетная и оолитовая структура замещенной кальцитом массы. Возможно, это тоже был фосфорит, что согласуется с наличием в данном слое крупных (8 см в толщину и 1 м в длину) конкреций бурого цвета, внешне отличающихся от типично кремневых. В шлифе вещество конкреции состоит из тонкокристаллического агрегата кварца, по которому развиваются крупные изолированные ромбоздры доломита, заместившие кремнь на 40—50%, оставив «пустыри» округло- и округло-прямоугольных участков более крупнозернистого кварца. На фоне кварцевой массы этих «пустыр» прекрасно видна оолитово-пеллетная структура замещенного фосфорита. Причем, что важно, пеллеты сплюснуты в одном направлении, т. е. замещение фосфорита кварцем, а тем более карбонатом происходило по уже уплотненной породе.

В разрезе фосфоритоносной пачки, пересекаемой р. Хэсен-Гол, наблюдаются тонкослоистые окремненные фосфориты, последнюю замещенные доломитом.

Важным и интересным для понимания разнообразия фосфатных пород является такой процесс карбонатизации фосфоритов, который формирует псевдокластические породы. Он заключается в том, что карбонатизация некоторой породы (в том числе тоже карбонатной, но иного вида; скажем, кальцитизация доломита) происходит не по всей массе, а избира-

тельно, как бы «по сетке». При этом образуется новообразованная структура, формы и размеров, следовательно, могут быть как карбонатных, так и других, особенно характерных для известняков.

Легче всего установить наличие брекчий по системе трещинок, в разрезах, которые отличаются в их составлении ментационных брекчий (составом признаков). О присутствии брекчий «грануляции» среди фосфоритов Г. И. Бушинский [22, с. 25] описывает процессами внутреннего разложения привносе углерода или кислорода, а именно такой процесс не исключает брекчий, но происходит в результате гипергенеза.

По-видимому, брекчия, широко распространена в разрезе, т. е. сложенных известняков, и отлагающимся. Гипотеза, что брекчия редко встречается с брекчиями, в другом аспекте противоречит гипотезе происхождения (например, что это «брекчия привноса»).

Брекчию с однородными элементами заподозрить на псевдокластическую из округлых включений, вызывая подозрения возникает в разрезе, который (обломков) представляет собой детальное изучение некоторых из них, что подозрения на псевдокластическую ведливими и здесь.

Исследование отдельных образцов» Богградского (рис. 5) и Ташкентский Алтае-Саянской области, показало, что сланцевая фосфатная — и лишь в разрезе, лично окрашенные участки, в том же монолитного тела, которая является собой округлые участки, которые ценные процессом избирательной окраски. Некоторые участки, соединены с соседними сланцевыми, наблюдаются все стадии формирования догообразных участков, в том тем охват им тела брекчий.

тельно, как бы «по сетке». При этом первичная масса разделяется новообразованным карбонатом на куски различной формы и размеров, сцементированные новым (или по составу, или по структуре) материалом (который, кстати, может быть как карбонатным, так и кремнистым; но этот процесс особенно характерен для карбонатизации).

Легче всего установить такое явление при карбонатизации по системе трещинок, в результате чего образуются брекчии, которые отличаются и от тектонических, и от первично седиментационных брекчий (свалов, дробления, перемывов) рядом признаков. О присутствии таких фосфатных «брекчий грануляции» среди фосфоритов Горношорского района писал Г. И. Бушинский [23, с. 25], объяснивший их возникновение процессами внутреннего растворения карбонатных пород при привносе углерода или органического вещества. Принципиально такой процесс не отличается от образования карстовых брекчий, но происходит внутрiformационно, а не в зоне гипергенеза.

По-видимому, «брекчии грануляции» вообще очень широко распространены в карбонатных и кремнистых толщах, т. е. сложенных материалом, легко растворяющимся и перетлающимися. Геологи при изучении карбонатных толщ нередко встречаются с брекчиями, строение которых в том или ином аспекте противоречит представлениям об их осадочном происхождении (например, [3, с. 118]); есть основания считать, что это «брекчии грануляции».

Брекчию с однородным составом кусков всегда следует заподозрить на псевдокластичность. Если же порода состоит из округлых включений в карбонатном цементе, такие подозрения возникают редко, особенно если состав включений (обломков) представляется разнообразным. Однако детальное изучение некоторых фосфоритовых слоев показало, что подозрения на псевдокластичность могут оказаться справедливыми и здесь.

Исследование отдельных образцов «обломочных фосфоритов» Богградского (рис. 5) и Тамалыкского фосфатопоявления Алтае-Саянской области, содержащих «окатанные» обломки, показало, что «галька» в них по составу однородна — фосфатная — и лишь в разной степени пигментирована (различно окрашенные участки могут быть в пределах одного и того же монолитного куска фосфорита) и что она представляет собой округлые участки сплошного фосфорита, разобранные процессом избирательной карбонатизации или окварцевания. Некоторые участки изолированы неполностью и соединены с соседними «гальками» (рис. 6, 7). Кроме того, наблюдаются все стадии образования «галек»: вначале возникновение дугообразного участка фронта карбонатизации, затем охват им тела будущей «гальки» и, наконец, замыкание

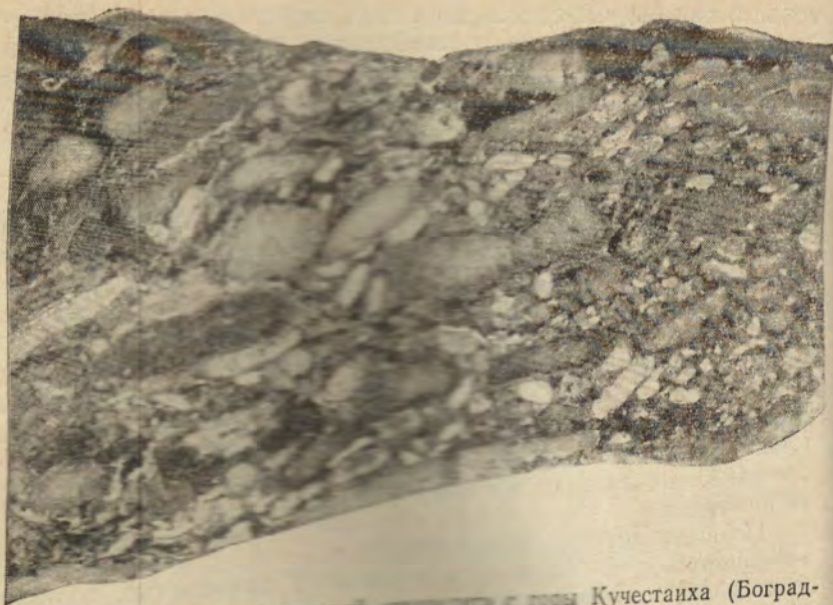


Рис. 5. Рифейский фосфоритовый «гранит» с горы Кучестаиха (Боградское фосфатопоявление, Красноярский край). «Галька» сложена сплошным, слегка окварцованным фосфатом, различно окрашенным. Цемент кальцитовый. Внешне порода типично кластогенная. Увел. 2 (образец Г. Н. Бровкова).

с полной изоляцией реликта. В процессе замещения и разрастания цемента полностью оформленные «гальки» могут вращаться и перемещаться, в итоге соседями оказываются реликты с разной структурой, цветом и т. д., что создает впечатление «полимиктовости». Такой же процесс происходит и внутри самих галькоподобных реликтов, получаются «галька в гальке».

Совершенно аналогичное явление наблюдалось в образцах из фосфоритовых конгломератов фосфоритоносной свиты бассейна Каратау (рис. 8, 9, 10). Эти конгломераты описаны неоднократно [23, 39, 40]. Они залегают на различных уровнях нижней и верхней частей чулактауской свиты, протягиваясь при относительно небольшой мощности (0,1—3,5 м) на километры, и считаются «типичными внутриформационными образованиями» [132], определяющими некоторые особенности палеогеографии для времени фосфатонакопления. Как отмечено в [132], различаются фосфоритовые конгломераты полимиктового состава и «монопетрокластические». Здесь рассматриваются только последние, в которых инородная галька (обычно фосфато-кремневая) встречается чрезвычайно редко. Сомнения в кластогенной природе таких конгломератов в свое время высказывались [39]. Изучение, проведенное нами, выявило в них черты вторичного происхождения — путем грану-

ляции. Псефитовый материал состоит из оолитово-зернистых фосфатных фосфатным цементом заполнения. В оолитово-зернистых участках бесструктурного фосфата в форме округлых пятен, в которых оолитово-зернистый фосфат может залегать пятнами среди афанитового фосфориту «обломками» в оолитовом пространстве во всех направлениях развивается карбонатизация. Она распространяется между оолитами и сгустками фосфата, по пористым поверхностям зерен и оолитов в общем с тенденцией к послойному развитию. Для использования любого «обломка» структурного направления.

В конечном итоге между оолитовыми и зернистыми участками, оолитами и зернами фосфата, «вающими» в карбонате, в виде реликтами возникают резкие границы. Незначительные участки фосфатной массы, эллипсоидальные очертания и оолиты, что при изучении, однако, вызывает сомнения в их сохранности при окислении. Между отдельными «перемычками», или «полосками» в оолитовом пространстве. Характерны «обломки» в пространстве, в которых начавшаяся Слоистая и пятнистая структура (включения кварцевых зерен, раннего окремнения и т. д.) приводит к образованию в пространстве, внешне выглядящих как «галька в гальке». Есть места, где «галька» в гальке карбонатизация выделяется в виде «перемычек», а следующая «галька» в гальке изнутри (в меньшей степени) превращает эти «обломки» в «гальку» всего того, возникает впечатление «галька в гальке» (см. рис. 9).

О вторичном происхождении свидетельствует и состав их «обломков».



ляции. Псефитовый материал составлен оолитово-зернистым фосфатом с фосфатным цементом нарастания и заполнения. В оолитово-зернистом есть участки бесструктурного фосфата в форме округлых пятен, и наоборот: оолитово-зернистый фосфат может залегать пятнами среди афанитового. По фосфориту «обломков» и межобломочного пространства во всех стадиях развивается карбонатизация (рис. 10). Она распространяется между зернами и сгустками фосфата, по межсморщуповатым поверхностям или по ядрам зерен и оолитов в общем с явной тенденцией к послыному развитию или к исползованию любого «подходящего» структурного направления.

В конечном итоге между карбонатизированными участками, сложенными оолитами и зернами фосфата, «плавающими» в карбонате, и незамещенными реликтами возникают четкие, резкие границы. Незамещенные участки фосфатной массы чаще всего приобретают округлые, эллипсоидальные очертания. Их границы могут срезать зерна и оолиты, что приписывалось окатыванию [40]. Детальное изучение, однако, выявило на этих границах выступы зерен, чья сохранность при окатывании исключается (см. ниже). Между отдельными «гальками» сохранились незамещенные перемычки, или «полугальки» — это начальная стадия грануляции. Характерны ω -образные окончания «галеk», с образования которых начинается процесс грануляции (рис. 11, а). Слоистая и пятнистая неоднородность первичного фосфорита (включения кварцевых зерен, скопления спикул, пятна более раннего окремнения и т. д.) при карбонатизации, чутко реагирующей на все неоднородности в замещаемой массе, приводит к образованию в результате грануляции псевдокластатов, внешне выглядящих сложенными разнородной галькой. Есть места, где «галька» высовывается из гальки: начальная карбонатизация выделяет реликты с полуостровными выступами, а следующая волна замещения, преобразуя реликт уже изнутри (в меньшей степени, чем окружающий «цемент»), превращает эти «полуострова» в «острова» (рис. 11, б). Кроме всего того, возникает множество «галеk» извилистой формы (см. рис. 9).

О вторичном происхождении таких псефитов свидетельствует и состав их «цемента». В фосфоритах с несомненно



Рис. 6. Зарисовки «галеk» по шлифу из фосфоритового «гравелита» с горы Кучестаиха (см. рис. 5) (1 — фосфат с зонами пигментации, 2 — карбонат). Увел. 25.

Кучестаиха (Боград-...
... сплошным,
... Цемент кальцито-
... образец Г. Н. Бров-

... и раз-
... «гальки» могут
... называются ре-
... создает впечат-
... происходит и
... «галька

... в образцах
... свиты бас-
... описаны не-
... уровнях
... протягиваясь
... (35 м) на кило-
... обра-
... особенности
... Как отме-
... агрегаты по-
... Здесь рас-
... галька
... редко.
... мератов в свое
... нами, вы-
... — путем грану-

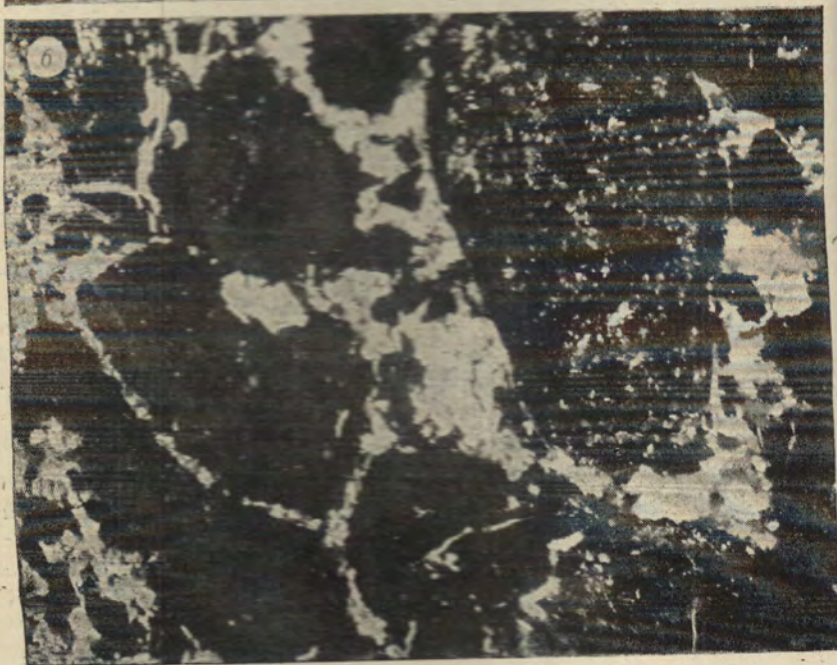


Рис. 7. Фосфоритовый «гравелит» с горы Кулестанха (см. рис. 5). Николи Х. Темное — фосфат; светлое — карбонат. Видно постепенное распадание сплошного поля фосфата при карбонатизации на округлые («окатанные») «галочки». На рис. 7 б — про суча на разделившиеся «галочки». Увел. 50.



Рис. 8. Псевдоконгломераты с фосфоритом и карбонатом в верхней части продуктивной толщи.



Рис. 8. Псевдоконгломераты с фосфоритовой «галькой» и карбонатным цементом в верхней части продуктивной пачки месторождения Джаны-Тас (Каратауский бассейн).

рис. 5). Никол
распадение
«сокатанные»

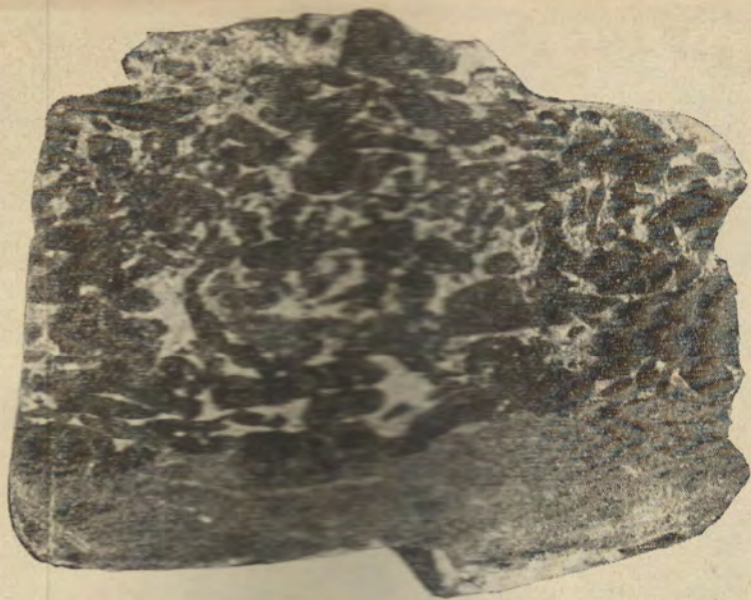


Рис. 9. Фосфоритовый скандинавский цемент с извилистой фосфоритовой «галькой» в фосфатно-карбонатном цементе. Месторождение Чулантуу I. Natur, велич.

седиментационной текстурой цемент, как упоминалось, всегда хотя бы слегка загрязнен глиной, кварцем, замутненными карбонатными и фосфатными зернами; обломки покрупнее кое-где вдавлены друг в друга и имеют пылевую «рубашку»; часто встречаются карбонатные обломки, так как любой, даже незначительный, размыв неизбежно захватывал известковые слои, переплетающиеся с фосфатными. Но в цементе описываемых фосфоритовых конгломератов если и присутствует нефосфатный детрит, то не обильнее, чем карбонатные и иные включения в сплошном «первичном» фосфорите.

Таким образом, процессы кальцитизации и доломитизации могут приводить к образованию псевдокластических пород, которые на первый взгляд (и даже при относительно внимательном изучении) могут быть приняты за «нормально-осадочные» образования. Величина возникающей «гальки» зависит от структуры карбонатируемой породы. Если карбонатизация подвергается ступенчатой или пеллетной, а также афанитовый фосфорит, который, по-видимому, почти всегда «потенциально» обладает ступенчатой структурой, возникают фосфоритовые «песчанки» с правильно округлыми («окатанными» и «отсортированными») или неправильной формы зернами. При изучении шлифов из фосфоритов Хубсугульского



Рис. 10. Фосфоритовый скандинавский цемент с округлой фосфоритовой «галькой» в фосфатно-карбонатном цементе. Месторождение Чулантуу I. Natur, велич.

и Ухагольского месторождений, а также в докембрийском Морском пределе. Фосфориты мечены идеально выделенными фосфоритов в песчаниковидные слои, расположенные между пеллетами или ступенчатыми зонами. В первом замещении однородности замещения.

По классификации А. В. Шенкеля в последнем случае возникает фосфоритовый цемент, выделенный фосфатными выделениями. Первичная неоднородность редко содержащей фосфоритов, а также неоднородность структуры, меняющего цвет, структуры, в которых, некоторая подлинность замещения — все это приводит к возникновению «песчанки» возникающей ступенчатой грануляции индивидуальными зернами и агрегаты зерен, происходящие из фосфоритов окатанной формы. В границах карбонатируемой породы, которые наложены на слои, возникают ступенчатые фосфоритовые — фосфоритовые.



Рис. 10. Фосфоритовый псевдоконгломерат из обнажений чулактауской свиты в 5 км северо-западнее пос. Актугай. Темное — фосфоритовая галька, более светлое — карбонатизированный фосфорит. Некоторые из «галец» карбонатизированы до состояния «цемента». Natur. велич.

и Ухагольского месторождений, а также фосфоритов позднего докембрия Морского хребта (Восточное Забайкалье) отмечены идеально выраженные переходы от сплошных фосфоритов в песчанковидные при карбонатизации по цементу между пеллетами или сгустками (рис. 12, 13) или при частичном замещении однородного афанитового фосфорита.

По классификации А. В. Ильина и Г. И. Ратниковой [61], в последнем случае возникают «карбонатные фосфориты с фосфатными выделениями неправильной формы» (рис. 14, 15). Первичная неоднородность сплошной фосфатной массы, нередко содержащей разнообразные нефосфатные включения, а также неоднородность строения самого фосфатного вещества, меняющего цвет, структуру и т. д. на небольших расстояниях, некоторая подвижность зерен-реликтов при карбонатизации — все это приводит к разнообразию «обломочного материала» возникающих песчанковидных фосфоритов. При грануляции индивидуализируются не только отдельные зерна, но и агрегаты зерен, производящие впечатление «обломков фосфоритов окатанной формы» (рис. 16, 17). Заметим, что границы карбонатизируемых зон чаще всего строго параллельны наслоенности (см. рис. 8), и при избирательной карбонатизации возникает четкое «переслаивание» разнообразных фосфоритов — незамещенных, замещенных в разной сте-



Рис. 11. Зарисовки «галек» по шлифу из образца фосфоритового «конгломерата», изображенного на рис. 9.

1 — сплошной карбонат, 2 — слоистой оолитово-пеллетной фосфат, 3 — слабо карбонизированный фосфат, 4 — сильно карбонизированный фосфат; а — стадии образования «галек» при последовательной карбонизации, б — образование «галек» с «полуостровами». Увел. ~ 2,5.

ки таких псевдокластических фосфоритов могут «закономерно» изменяться: может меняться крупность «обломочного» материала, появляться примеси, происходит разделение слоев на части и выклинивание. Карбонатизация совершается чрезвычайно избирательно и отражает всевозможные изменения первично седиментационной структуры того пространства, в котором она развивается.

Примером образования мощного пласта вторичной фосфоритовой конглобрекции служит «обломочная» порода, залегающая на кремневом горизонте фосфоритового месторождения Аксай (Каратауский бассейн). Ее детальное исследование было проведено с целью выяснить, действительно ли обильные фрагменты черных кремней, насыщающих надкремневый горизонт, являются обломками, возникшими при перемыве нижележащего кремневого слоя. Подозрение вызывала необычная для обломков возникающих при водном пере-

теки и карбонатизированных нацело; причем последние бывает практически невозможно отличить от действительно седиментационных карбонатных слоев.

При карбонатизации более однородных фосфоритов оолитово-пеллетной структуры с очень тесной укладкой пеллет карбонатизация происходит по «каналам». Последние огибают более крупные реликты неизменной породы, имеющие разнообразие округлые и угловатые очертания. Чаще всего эти реликты удлинены по слоистости и в двух перекрещивающихся, наклоненных под углом $30-60^\circ$ к слоистости направлениях (в плоскостях максимальных напряжений)*. Возникают фосфоритовые псевдоконгломераты и конглобрекции.

По простиранию характеристи-

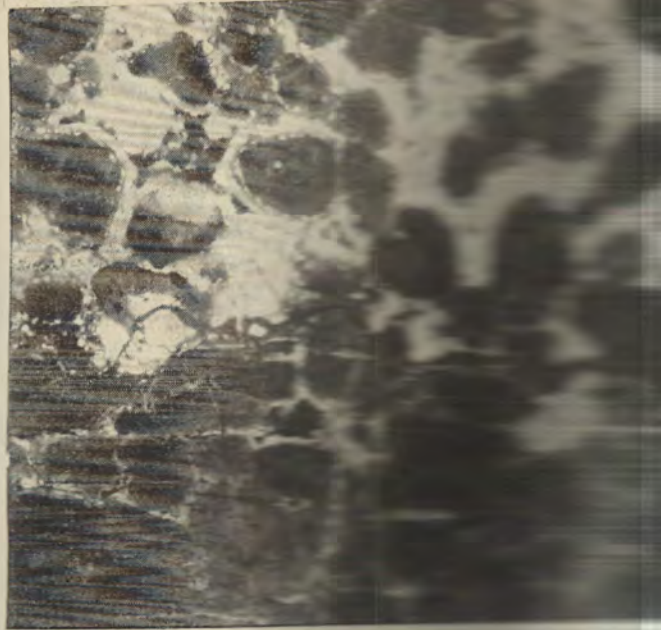


Рис. 12. Рифейский фосфорит. Визуальное изображение Ухаловского месторождения. Темное — фосфат, светлое — карбонат. Криволинейное деление фосфорита к карбонату.

териалом. Размеры

В ряде мест видно, что

бой остатки разделения

завидного тела. «Обломки»

в кальците, который

роду, содержащую

На многих фосфоритах

породу зерна фосфата

что было бы невозможно

ство «полугалек» —

индивидуализация

карбонатизированных
последние бы-
невозможно
действительно се-
карбонатных

карбонатизации более
фосфоритов ооли-
структуры с
укладкой пеллет
происходит по
Последние огибают
реликты неиз-
имеющие раз-
и углова-
Чаще всего эти
по слоисто-
перекрещива-
под уг-
слоистости на-
плоскостях M_2K -
напряжений)*. Воз-
псевдо-
конглобрекции.
характеристи-
могут «закономер-
«обломочного»
разделение слоев
свершается чрез-
изменения
этого пространства,

вторичной фос-
«обломочной» порода, за-
месторож-
детальное исследо-
действительно ли
надрем-
при пере-
вызывала
волновом пере-
(рис. 18).

1-5 м. Обломоч-
кремня-
фосфатным ма-
происходят

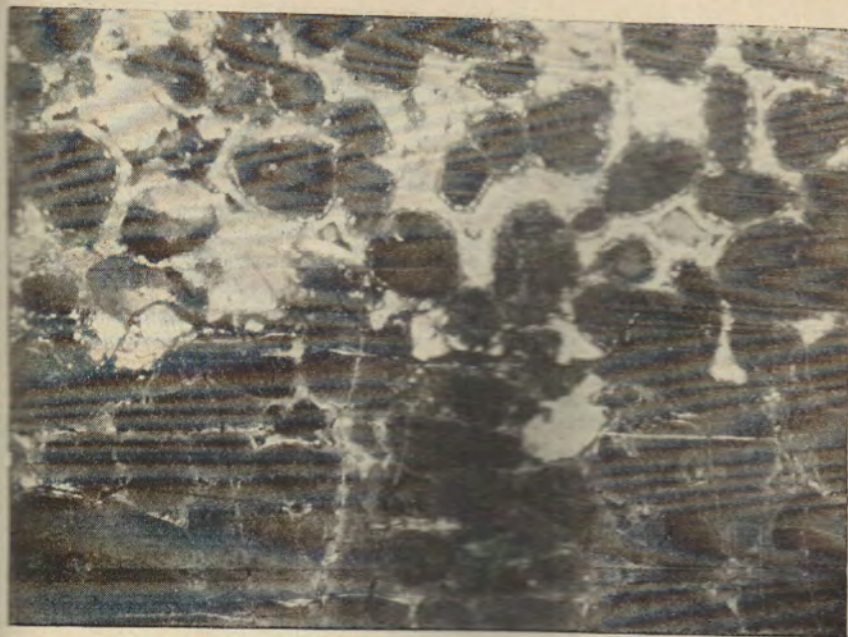


Рис. 12. Рифейский фосфорит с р. Хорё (Восточный Саян, северное продолжение Ухагольского месторождения Хубсугульского бассейна). Николи Х. Темное — фосфат, светлое — карбонат. Виден переход от сплошного слоистого фосфорита к пеллетному вследствие карбонатизации. Увел. 70 (образец П. В. Осипова).

териалом. Размеры кусков включений — до дециметров. В ряде мест видно, что включения кремня представляют собой остатки разъединенного процессом карбонатизации линзовидного тела. «Обломки» кремня и фосфорита «плавают» в кальците, который проникал в монолитную фосфатную породу, содержащую обильные линзовидные стяжения кремня. На многих фосфоритовых «гальках» отдельные слагающие породу зерна фосфата выходят за пределы контура (рис. 19), что было бы невозможно при окатывании. Отмечено множество «полугалеков» — индикаторов незавершенного процесса индивидуализации округлого реликта. Все «обломки» кремней и фосфоритов самой различной структуры в различной степени замещены карбонатом, в то время как не было встречено ни одного обломка чисто карбонатной породы, чего надо было бы ожидать при перемыве в данных условиях. Следовательно, карбонатный цемент здесь только вторичный. Наблюдается множество «галеков» и «обломков», представляющих собой «облака» разобщенных кальцитом пеллет и оолиотов сплошного фосфорита. Контуры таких скопленений обычно





Рис. 14. Фосфорит Хубсугульского месторождения (участок Джинхайн-Нуру). Замещение доломитом (светлое) сплошного афанитового фосфорита с образованием реликтов неправильной формы. Николаи Х. Увел. 30.

Забайкалье). Николаи Х. Увел. Видны неполностью фосфата и полифосфата (Н. Егоровой).

фосфатной
найдены ме-
слоя про-
цемент.

карбонати-
состава
фазы
стилолитиза-
и повторная
облик и пест-
конглобрекчий
на кремне-
конглобрекчий
фосфа-
наблюдались нами
Хубсугульского место-

более широко рас-
отложений.
кристаллизации

и в совершенно однородных карбонатных слоях. Диагностика псевдокластитов, возникающих при карбонатизации и раскристаллизации карбонатов, опирается главным образом на выявление переходов от нерасщепленных частей слоя к расщепленным, а также на негативные критерии — структурные особенности, немыслимые при осадкообразовании (извилистые или неразъединенные гальки, «полугальки», «гальки, высовывающиеся из галеk», и т. п.).

Очень сходное явление возникновения «конглобрекчий» описано А. Л. Павловым и Г. Л. Поспеловым для метасоматических руд и рудовмещающих пород Березовского сидеритового месторождения в Забайкалье [104]. Здесь отмечен также послыбно-избирательный метасоматоз, формирующий в известняках и песчано-алевритовых породах «слоистые» плосчатые залежи сидеритов с наложенными «блоками» иного состава. Описанные в этой работе слоистые сидеритовые руды ранее принимались за первично осадочные, а «конглобрекчий» — за первично осадочные сидеритизированные. Авторы доказывают, что эти образования возникли за счет однородных по структуре и составу массивных и трещинова-



Рис. 15. Рифейский фосфорит с Морского хребта (Забайкалье). Никели слегка скрещены. Темное — фосфат, светлое — карбонат, разобщающий сплошной афанитовый фосфорит на изолированные выделения неправильной формы. Увел. 40 (образец Н. Н. Егоровой).

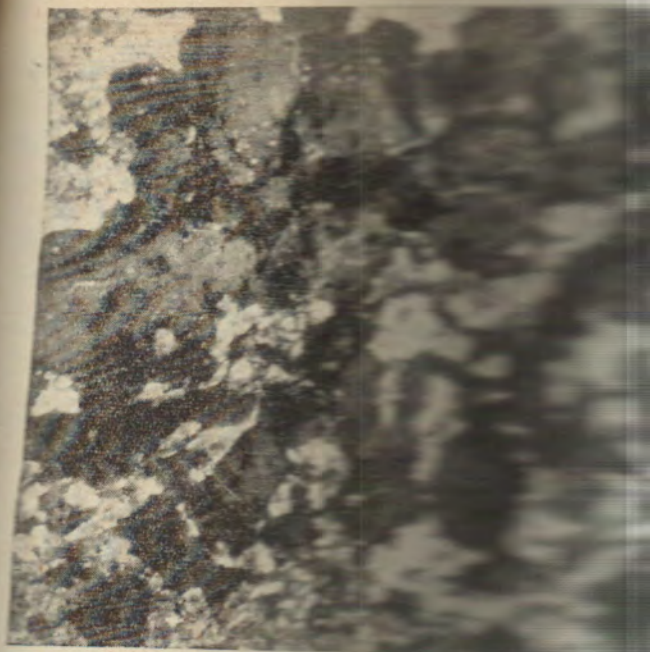


Рис. 16. Фосфорит Хибинских гор. Матрица состоит из сплошной сгустчатой фосфоритной массы, разобщающей фосфоритные формы и округлые зерна.

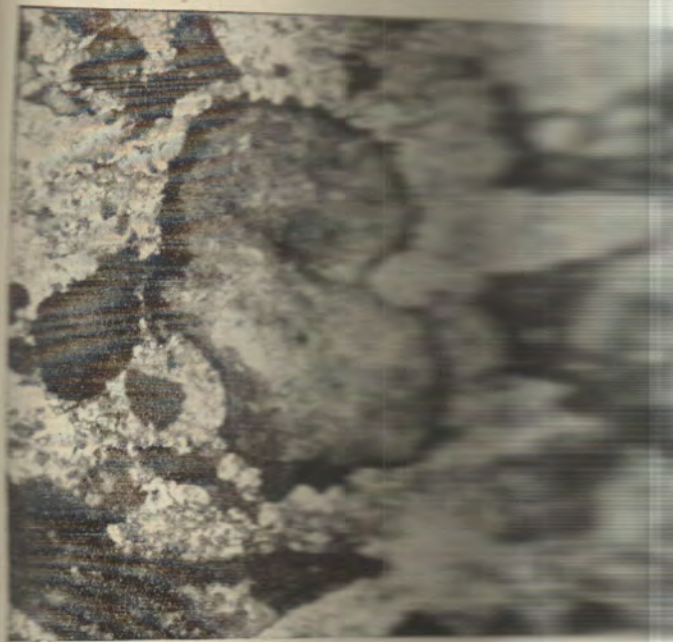


Рис. 17. Фосфорит Хибинских гор.



Рис. 16. Фосфорит Хубсугульского месторождения. Доломит (светлое) разоблачает сплошной сгустковый фосфорит (темное) на участки неправильной формы и округлые зерна. Никели полускряшены. Увел. 30.



Рис. 17. Фосфорит Хубсугульского месторождения. Доломит (светлое), за-
полняет сплошной сгустковый фосфорит с образованным округлых за-
зернами.

...зрета (Забай-
... — фосфат, свет-
... афанитовый фос-
... формы.

Рис. 18. Форма и распределение включений черных кремней в подфосфоритовой конглобрекции месторождения Аксай (Каратауский бассейн). Сопоставлено с фотографией поверхности обнажения.



Рис. 19. Зарисовка «галечки» осадочного фосфорита по шлифу из конглобрекции месторождения Аксай. Увел. 10.

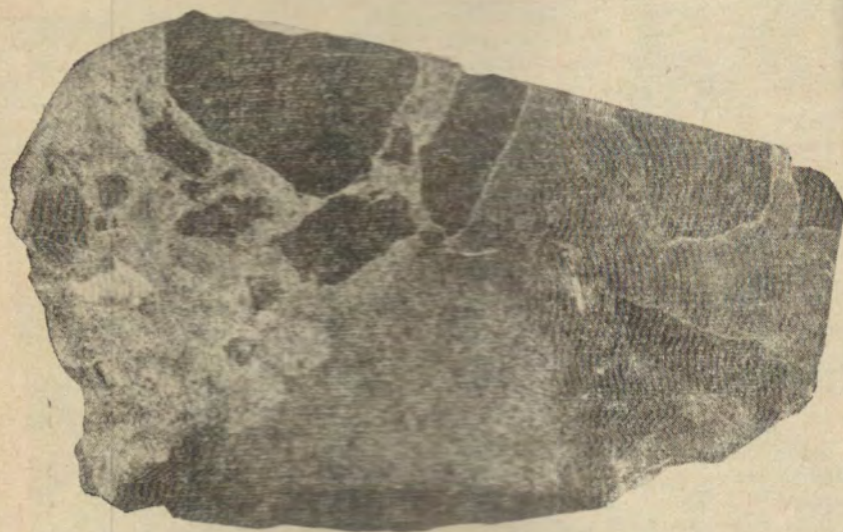
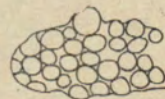


Рис. 20. Аксайская конглобрекция. Черное — реликты кремня, темно-серое — зернистый карбонатный фосфорит, светлое — интенсивно кальцитизированный фосфорит. Видны характерные «бухточка» фронта карбонати-

тых пород, а также [104, 109, 110].

Есть основания полагать, что в осадочных кварцитах Удско-Сибирского бассейна [146] также имеет место явление конглобрекции.

Образование псевдослитовых конглобрекций в осадочной среде, возможно, объясняется процессами уплотнения и раскристаллизации. В литературе имеются данные о возникновении конглобрекций в результате действия внутренней энергии системы с образованием псевдослитов. Такими системами являются конглобрекции, состоящие из более плотных слоев, заключенных в менее плотный слой. В опытах по деформации конглобрекций, состоящих из плотных слоев, заключенных в менее плотный слой, наблюдались никающие в результате уплотнения конглобрекций в результате действия течений. Можно предположить, что под нагрузкой некоторые породы, состоящие из конглобрекций карбонатных толщ, могут либо уплотняться, либо деформироваться по типу конглобрекций.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Подводя итоги описанию конглобрекций в осадках и преобразованию в них следующие выводы. Фосфоритовые конглобрективы, отличается значительной конглобрекцией, тесно связанной с осадочным периодом, тем же, что и конглобрективы, дающие его карбонаты в осадках. Конглобрективы бассейна фосфатные, конглобрективы осадков многократно выветривались в течение, а также ступенчатой структурой, которая при стягивании конглобрекций, но являясь следствием конглобрективной татацией.

Процессы силицификации и кальцитизации могут приводить к образованию конглобрекций значительных масштабов. В конглобрекциях части фосфоритов, рафинированных конглобрекций, меняется в пределах конглобрекций, одного и того же слоя. При этом конглобрекциях могут возникать крупные структуры, дающих «осадочные» конглобрекции.

Назрела необходимость конглобрекций в осадочном происхождении конглобрекций.

тых пород, а также приводят описание этого процесса [104, 109, 110].

Есть основания полагать, что среди пластов фосфатоносных кварцитов Удско-Селемджинского района Дальнего Востока [146] также имеются псевдокластические новообразования.

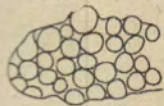
Образование псевдоосадочных брекчий для случаев слоистой среды, возможно, объясняется не только процессами замещения и раскристаллизации. В работе [153] приводятся данные о возникновении неседиментационных брекчий за счет внутренней энергии систем с обратным градиентом плотности. Такими системами являются пары гетерогенных слоев, в которых менее плотный слой находится под более плотным. В опытах по деформациям систем с обратным градиентом плотности из хрупких слоев в жидком материале образовались «седиментационные» брекчии, очень похожие на возникающие в результате оползневых процессов или под действием течений. Можно предположить, что при значительных нагрузках некоторые породы фосфоритовых пачек или карбонатных толщ могли бы играть роль пластичной среды или деформироваться по схеме систем с обратным градиентом плотности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Подводя итоги описанию перемещений фосфатного вещества в осадках и преобразований фосфоритов, можно сделать следующие выводы. Фосфатный материал, слагающий фосфориты, отличается значительной подвижностью в постседиментационный период, такой же подвижностью, как и сопровождающие его карбонаты и кремнезем. После отложения на дне бассейна фосфатные, карбонатные и кремнистые элементы осадков многократно взаимоперемещаются. Оолитово-пеллетные, а также ступчатые структуры фосфоритов могут возникать при стягивании вещества внутри слоя (не обязательно являясь следствием перемылов) с последующей их цементацией.

Процессы силицификации и карбонатизации очень интенсивны и могут приводить к существенному перераспределению значительных масс карбоната и кремнезема, замещению части фосфоритов, разубоживанию их. Степень разубоживания меняется в пределах одной и той же фосфоритовой пачки, одного и того же слоя. При карбонатизации и окремнении могут возникать крупные стратиформные тела пород, обладающих «осадочными» текстурами.

Назрела необходимость пересмотреть выводы о седиментационном происхождении по крайней мере части «класто-



кремня, темно-се-
интенсивно кальцитизи-

генных» образований фосфоритоносных пачек, в том числе «переотложенных» фосфоритов.

Возможность формирования в результате вторичных процессов целых слоев новообразований кремнезема, карбонатов и т. п. позволяет предположить, что некоторые тела афанитовых мономинеральных фосфоритов возникли не в первичном седиментационном акте, а являются результатом стягивания рассеянного фосфата, подобно кремневым образованиям (возможно, именно такой процесс описан в [136]). Аналогично могут формироваться кремнисто-фосфатные и карбонатно-фосфатные тела, которые впоследствии подвергаются преобразованиям. В итоге мелкие фосфоритовые залежи и фосфатопроявления в карбонатных, терригенно-карбонатных и кремнисто-карбонатных толщах, а также в терригенных могут представлять собой всего лишь своего рода конкреционные образования (подобные рассеянному или сконцентрированному кремневым и карбонатным конкрециям), возникшие за счет фосфатного материала, рассеянного по осадкам.

Известно, что центром стягивания часто служат включения. Если интервал разреза обогащен органическим или глинистым веществом, а также в нем есть поверхности раздела между слоями, то такие неоднородности могут играть роль центров для стягивающих веществ. Возможно, именно поэтому зоны новообразований (фосфатных, кремневых и др.) совпадают. Можно сослаться на зависимость между окремнением и доломитизацией [160]. Иногда эти образования, будучи гугубо осадочными, могут представлять собой неоднородности, к которым устремляются другие вещества.

Поэтому, возможно, далеко не все фосфатопроявления можно считать индикаторами «горизонтов фосфатонакопления». В мощных геосинклинальных осадочных и вулканогенно-осадочных толщах существуют обширные ореолы пород с незначительно повышенной фосфатностью (высоким региональным кларком), в которых (или по соседству с ними) при благоприятных условиях преобразования могут возникать локальные концентрации фосфатов, отнюдь не свидетельствующие о существовании крупных залежей.

С другой стороны, вторичные процессы, особенно карбонатизация, способны в значительной мере разубоживать хорошие фосфоритовые залежи. Исчезновение залежи на протяжении продуктивной пачки может быть вызвано не «фациальными изменениями», а переходом фосфоритового уровня в область более интенсивных преобразований. В мощных геосинклинальных толщах Алтае-Саяно-Байкальской области, метаморфизованных до «стадии зеленых сланцев», судя по структурам местных пластовых фосфоритов, процесс разубоживания залежей со временем, возможно, далеко не последняя причина их невысокого качества.

СРАВНЕНИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ И ФОСФОРИТОВЫХ ЗАЛЕЖЕЙ АЛТАЕ-САЯНО-БАЙКАЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ С КРУПНЫМИ МЕСТОРОЖДЕНИЯМИ ФОСФОРИТОВ ДРУГИХ РЕГИОНОВ

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ЗАМЕТКИ

Назрела необходимость сравнительного анализа фосфоритопроявлений, не только в пределах рассматриваемой территории, но и с другими, отмечено выше, путем сравнения объектов одного или класса объектов с другими, сопоставляемыми с ними. Из множества месторождений в осадочных толщах Саяно-Алтайского региона, что обнаружены в кембрийских и в соседних регионах Азии в течение последних лет, и возрасту, залегают крупнейшие фосфоритовые [23]. В породах кембрия пока не обнаружены залежи фосфоритов, сопоставляемых с представленными только к областям геосинклинального типа. Поэтому карбонатные залежи Байкальской складчатой области воочередной объект для сравнения с другими фосфоритовыми залежами.

Этот объект, а точнее сопоставляемые с ним сопоставляемые ветствующие «районы», «пачкам» и т. п. (не сумевшие локализоваться), можно сравнить с другими, сопоставляемыми с ними, воды по аналогии с другими, сопоставляемыми с ними, в том приближении можно сопоставляемые с другими, сопоставляемыми с ними, фосфоритов крупных размеров, сопоставляемые с другими, сопоставляемыми с ними, ничиваться критерием сопоставляемые с другими, сопоставляемыми с ними, рождений фосфоритов и т. п. сопоставляемые с другими, сопоставляемыми с ними, подразделить их по возрасту, сопоставляемые с другими, сопоставляемыми с ними, фосфоритовмещающих толщ, сопоставляемые с другими, сопоставляемыми с ними, близки к фосфатопроявлениям, сопоставляемые с другими, сопоставляемыми с ними, рифея Сибири Караульские сопоставляемые с другими, сопоставляемыми с ними, захстане и Хубсугульский в сопоставляемые с другими, сопоставляемыми с ними.

Сравнение фосфатопроявлений той области, названной Алтае-Саяно-Байкальской бассейном [79] (область сопоставляемые с другими, сопоставляемыми с ними) месторождениями [23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100]

**СРАВНЕНИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ
И ФОСФОРИТОПРОЯВЛЕНИЙ
АЛТАЕ-САЯНО-БАЙКАЛЬСКОЙ СКЛАДЧАТОЙ
ОБЛАСТИ
С КРУПНЫМИ МЕСТОРОЖДЕНИЯМИ
ФОСФОРИТОВ
ДРУГИХ РЕГИОНОВ**

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ

Назрела необходимость найти возможность оценивать фосфоритопроявления, не прибегая к дорогостоящим и длительным разведочным работам. Чаще всего это делается, как отмечено выше, путем сравнения объекта с эталоном (объектом или классом объектов), свойства которого считаются подходящими. Из множества известных фосфатных рудопроявлений в осадочных толщах Сибири внимание привлекают те, что обнаружены в кембрийских и рифейских породах, так как в соседних регионах Азии в отложениях, близких по составу и возрасту, залегают крупнейшие залежи богатых фосфоритов [23]. В породах кембрия и рифея Сибирской платформы пока не обнаружены богатые пластовые фосфориты, что согласуется с представлениями о приуроченности последних только к областям геосинклиналей и подвижных платформ. Поэтому карбонатные кембро-рифейские толщи Алтае-Саяно-Байкальской складчатой области рассматриваются как первоочередной объект для поисков промышленных фосфоритовых залежей.

Этот объект, а точнее говоря, отдельные его части, соответствующие «районам», «участкам», «месторождениям», «пачкам» и т. п. (не существует единых правил для их локализации), можно сравнивать с любым эталоном. Однако выводы по аналогии сильнее на одновидных объектах. В первом приближении можно считать «одновидными» залежи фосфоритов крупных размеров, но, разумеется, не следует ограничиваться критерием размерности, и, хотя крупных месторождений фосфоритов во всем мире совсем немного, лучше подразделить их по возрасту, составу, мощности и структуре фосфоритовмещающих толщ. По этим признакам наиболее близки к фосфатопроявлениям и месторождениям кембро-рифея Сибири Каратауский фосфоритовосный бассейн в Казахстане и Хубсугульский в МНР.

Сравнение фосфатопроявлений Алтае-Саянской складчатой области, названной Алтае-Саянским фосфоритовосным бассейном [79] (обозначим его АСБ), с известными крупными месторождениями [23, 36], но без четкой типизации по-

следних, приносило, в общем, благоприятные результаты. Признавались сходными стратиграфическое положение, формационные характеристики, минеральный состав и т. п. В основном использовались сквозные признаки, а при этом крупные месторождения разных классов более сходны между собой, чем с мелкими месторождениями своего класса [14]. Однако со временем отрицательные результаты прямых оценочных исследований и отсутствие среди большого количества кембро-рифейских фосфатопроизлений АСБ достаточно рентабельных побудили обратить внимание на различия, которые были сформулированы в геотектонических терминах: АСБ был объявлен представителем нового класса фосфоритноносных бассейнов — эвгеосинклинального [79].

Как сказано, выделение нового класса месторождений имеет смысл лишь в том случае, когда класс выделяется как подмножество промышленных месторождений или, наоборот, когда есть уверенность, что месторождения нового класса всегда будут непромышленными. Поэтому операция выделения АСБ в новый класс, что было сделано исходя из действительно существующих различий, будучи применена целенаправленно — для оценки его качества, стала барьером на путях этой оценки, так как на первое время в нем оказались только непромышленные (или недостаточно рентабельные) объекты. Возможности оценки АСБ с позиций отнесения его к новому классу фактически замкнулись в нем самом. Как можно видеть по работам [75, 79 и др.], закономерности размещения фосфоритов определялись на объектах самого АСБ; исследования же по методике прогнозирования сводились к вопросам технологии составления прогнозных карт, а не к разработке способов определения и оценки меры сходства между объектами, отбора эталонов, организации классов и прочих теоретических приемов. Последним противопоставлялось обилие описательных работ и догадок о генезисе фосфатных залежей.

Разумеется, использовались и различные предпосылки для оценки, установленные на известных месторождениях фосфоритов, но в довольно общем виде; иначе говоря, практиковались весьма неполные аналогии. Преобладало сравнение обнаруженных фосфатопроизлений и разведанных, но малорентабельных месторождений. Такой подход рационален лишь на первом этапе. Он позволяет расширять область и количество находок, но основан на «внутренних» критериях. Для оценки же выявляемых объектов требуются «внешние» критерии. Потребность в последних особенно возросла именно после того, как АСБ был выделен в новый класс бассейнов.

Открытие в Тувано-Монгольской складчатой области — собственно говоря, непосредственно на протяжении Алтае-Саяно-Байкальской складчатой области — Хубсугульского

фосфоритоносного бассейна (103 и др.) явилось, по сути дела, объектом, который безусловно требует пересмотра. Это обстоятельство является основой для пересмотра оценки фосфатопроизлений АСБ фосфоритоносных бассейнов в целом, а также и ее значения. Немаловажно отметить, что Хубсугульский фосфоритный бассейн — эвгеосинклинальный, как определено в [130], и Фосфории?

Учитывая сказанное о значении геосинклинали, отметим, что эвгеосинклиналь и миогеосинклиналь — это термины, соответствующих определений. В настоящее время, что сейчас невозможно в условиях геотектоническом положении (до того, как не будет выяснено даже Каратауского бассейна) и даже Каратауской области к миогеосинклинальному «краевое» (?) положение геотектонических пород. Требуется уточнение терминов, а также задаться вопросом, чем отличаются от амгамитических пород геосинклиналей и эвгеосинклиналей «миогеосинклинальных» бассейнов. Понимание о миогеосинклинальном бассейне более молодых мобильных платформенных состояний земной коры [130] и наличие крупных структур [130] — это прежде чем решать задачу, связанную с возможностью выделения эвгеосинклинальных областей в пределах эвгеосинклинали.

В [130, с. 426] отмечено, что в эвгеосинклинальных системах встречаются широкие окраинные зоны, образовавшиеся в результате сближения между платформенными и эвгеосинклинальными. Такое утверждение имеет отношение к делению границ между эвгеосинклиналями. Если же это утверждение относится к рассматриваемым районам в пределах эвгеосинклинали, то могут попасть только в эту окраинную зону. Для случая отнесения эвгеосинклинали к миогеосинклинальному отмечено [130], что выделение эвгеосинклинальных систем в миогеосинклинальных системах — это явление, которое имеет место лишь в очень немногих случаях. В рассматриваемой области, «где распространены

результаты.
положение, фор-
систем и т. п. В ос-
а при этом круп-
сходны между со-
своего класса [14].
результаты прямых оце-
большого количества
АСБ достаточно ре-
на различия, кото-
терминах:
класса фосфорито-
[79].

месторождений
выделяется как
или, наоборот,
нового класса
операция выде-
исходя из дей-
применена целе-
стала барьером на
в нем оказались
рентабельные)
отнесения его
в нем самом. Как
нормальности АСБ;
самого АСБ;
сводились
карт, а не к
меры сходства
классов
противопостав-
о генезисе фос-

предпосылки для
месторождениях фосфо-
творя, практикова-
сравнение обна-
но малорента-
лишь на
и количество
критериях. Для оценки
критерии. По-
после того,
[130].

области —
на протяжении Алтае-
Хубсугульского

фосфоритоносного бассейна [38, 48, 50, 53, 58, 59, 97, 102, 103 и др.] явилось, по сути дела, открытием того самого объекта, который безуспешно искали и ищут на территории АСБ. Это обстоятельство коренным образом изменило возможности оценки фосфатопоявлений АСБ: в эвгеосинклинальный класс фосфоритоносных бассейнов вошел представитель промышленного значения. Немедленно возник вопрос: действительно ли Хубсугульский фосфоритоносный бассейн — обозначим его ХБ — эвгеосинклинальный? Не относятся ли он к миогеосинклиналям, как определено в [38], подобно бассейнам Каратау и Фосфории?

Учитывая сказанное о возможностях тектонической классификации, отметим, что деление складчатых областей на эв- и миогеосинклинали процедура довольно неясная. Исходя из соответствующих определений [89, с. 41, 51, 98], надо сказать, что сейчас невозможно альтернативно решить вопрос о тектоническом положении (по такой классификации) как ХБ, так и даже Каратауского бассейна (КБ). Для отнесения некоторой области к миогеосинклиналям недостаточно опираться на ее «краевое» (?) положение или отсутствие в разрезах магматических пород. Требуется знать ее взаимоотношения с кратоном, а также задаться минимальными размерами, ибо многие амагматичные «краевые» области складчатых зон ничем не отличаются от амагматичных «островов» внутренних областей геосинклиналей и на этом основании могут уже считаться «миогеосинклинальными». Наконец, надо учесть, что понятие о миогеосинклиналях возникло при изучении гораздо более молодых мобильных районов. Крупная периодичность состояний земной коры [67], а также характер общей эволюции крупных структур [130] дают основания полагать, что, прежде чем решать данную альтернативу, следует разобраться в возможности подразделения рассматриваемых геосинклинальных областей позднего докембрия и кембрия на мио- и эвгеосинклинали.

В [130, с. 426] отмечается, что для структуры рифейских геосинклинальных систем чрезвычайно характерно развитие широких окраинных миогеосинклинальных прогибов, располагавшихся между платформами и эвгеосинклинальными зонами. Такое утверждение может объясняться отчасти неопределенностью границы между эвгеосинклиналями и миогеосинклиналями. Если же его принять, то при отнесении рассматриваемых районов к байкалидам интересующие нас ФБ могут попасть только в эти широкие миогеосинклинальные зоны. Для случая отнесения этих районов к каледонидам отмечено [130], что выделение в нижнепалеозойских геосинклинальных системах мио- и эвгеосинклинальных зон возможно лишь в очень немногих случаях; в Алтае-Саянской же складчатой области, «где расположение эвгеосинклинальных про-

в виде системой пере-
образуют сеть, в ячейках
характер и сло-

(с. 430).
(бассейнов) тер-
не столько их
не столько насы-
(фосфоритоносный
например, го-
бесфосфатные
и степень их ре-
АСБ и ХБ, не-
скажем, мобиль-
относительно
чем АСБ, поражен
прогибы
от внутригеосин-
Горно-Шорско-
части рифей-
ХБ сходен с АСБ
метаморфиз-

сопоставимы, ха-
не менее плодотвор-
позиции
представлялось
разрезов КБ
с фосфорита-
сходной [60].

лишь фрагментар-
определяются опро-
«по содер-
подмножество
на 80—100%
Предполагается, что
фосфатные вы-
форму. К со-
не опиралось
форма залежей
лишь в резуль-
наблюдений.
«все имеют типич-
[23, 79].
слоистости».

что не эквивалентно понятию «слоистый». Например, на пе-
однократно публиковавшемся профиле через Белкинское ме-
сторождение [123] показан линзослоистый характер залега-
ния рудных тел, который не доказан, а только предполагается.
Продуктивные горизонты здесь «стратифицированы в це-
лом», реально же морфология рудных тел представляется
довольно неправильной. На первых стадиях изучения этого
месторождения у некоторых исследователей (в том числе и у
меня) возникало четкое впечатление о «метасоматических»
формах залегающих фосфоритов белкинской свиты. Наиболее
определенно это было отмечено геологом Западно-Сибирского
геологического управления Г. П. Кургановым в 1960 г. Но к
середине шестидесятых годов восторжествовала концепция о
первично осадочном происхождении данных руд, так как про-
дуктивная пачка «в общем» следилась от скважины к сква-
жине вроде бы на одном стратиграфическом уровне. Однако
нестратифицированность белкинских руд в деталях является
фактом. Так, в диссертации В. Г. Сивова, убежденного в том,
что все фосфоритопроявления Горной Шории имеют строгую
стратиграфическую приуроченность и подчиненность складча-
той структуре [116], были приведены детальные литологиче-
ские профили горношорских месторождений, на которых гра-
ницы рудных тел, чаще всего «размытые», расплывчатые, пе-
ресекаются границами между разновидностями карбонатных
пород. Из этих профилей следует, что фосфатность здесь на-
ложена на структуру, обусловленную распределением разно-
видностей карбонатов, возникает и исчезает независимо от
облика несущей массы. Такое явление непроизвольно отража-
ется в применении термина «фосфатизация» даже теми, кто
считает данные фосфориты несомненно первично осадочными.

К только что сказанному нельзя не добавить выводы С. И. Четверту-
хиной (Западно-Сибирское геологическое управление), составившей в
1967 г. карту распределения фосфора (и др. элементов) на территории
Алтая, Горной Шории, Кузнецкого Алтаю, Салаира и Кользаны-Томской
складчатой зоны:

1. Точки, где определены повышенные содержания фосфора в горных
породах ($>0,1\%$ Р), не локализируются в пределах выдержанных линейных
зон, а группируются в пятна, ориентированные несогласно с простиранием
осадочных толщ. Они также не обнаруживают «приверженности» к опре-
деленным стратиграфическим уровням.

2. Большинство таких проявлений фосфора тяготеет к интрузивным
телам.

3. Участки с повышенным содержанием Р почти всегда имеют призна-
ки более интенсивно проявленных деформаций, метасоматоза, метаморфоза
(мраморизация, доломитизация, кальцитизация, сульфидизация, оквар-
цевание, флюоритизация и т. п.).

4. Поля повышенных содержания Р в Мл. с одной стороны, и Си,
Зп, Рб, Нг, с другой, очень часто совпадают.

Эти выводы, основанные на данных, включенных в незначительные
содержания Р, начиная с чуть превышающих кларковые, были восприняты,
естественно, с большим недоверием. Конечно, судя по всему, аномалии, от-
меченные таким диапазоном, могут оказаться чрезвычайно разнородными.

Однако эти данные получены для большой площади и позволяют взглянуть на проблему фосфорораспределения, так сказать, «с большой высоты». В выводах С. И. Четвертухиной может найти отражение мобильность фосфора (и ряда других элементов — марганца, ванадия) и тяготение довольно разнородных элементов к одним и тем же структурно-геохимическим полям.

Наряду с «пластообразными» рудными телами в АСБ часты неправильные (гнездовидные), линзовидные скопления фосфоритов, «иногда секущего напластования характера». Формы «фосфатных выделений», фиксируемых петрографически, исключительно разнообразны — от слойковой до неправильных пятен.

Во всех случаях форма фосфатных тел в той или иной степени подчинена текстурам вмещающей массы, будь то слоистые, биоморфные или массивные текстуры. Границы фосфоритовых тел могут, однако, пересекать текстурные линии вмещающих пород и образовывать ветвящиеся сгустки, немислимые как первично осажденные.

В ХБ и КБ бросается в глаза четкая стратифицированность фосфоритов, залегание их слоями. Для отдельных «фосфатных выделений» также возможны причудливые формы, часто все же подчиненные стратификации. Но здесь выделяются типичные пласты фосфоратов, петрографически четко отличные от окружающих пород.

Фосфоритовые залежи АСБ выклиниваются и прерываются на расстоянии в сотни метров, реже тянутся на 2—4 км. Пласты же фосфоритов КБ и ХБ следятся непрерывно на десятки километров.

Соотношение мощностей стратиграфических интервалов, в которых обнаруживается повышенная фосфатность пород, в сравниваемых бассейнах обратная: в КБ и ХБ за пределами продуктивных слоев фосфатность быстро исчезает (через несколько метров, реже 20—30 м по разрезу). В АСБ же мощность стратиграфических интервалов с повышенной фосфатностью (вне границ рудных слоев) измеряется сотнями метров.

ФОСФАТНАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ РУДНЫХ ТЕЛ

В большинстве рудопоявлений АСБ фосфатная составляющая рудных тел представляет собой афанитовые выделения фосфата, определяемого как скрытокристаллический фторкарбонатит или фтораватит. Выделения, состоящие полностью из фосфата, обычно имеют линзовидно-слоевую форму с резкими или постепенными переходами к руде, содержащей нефосфатную примесь. Они могут быть также «неосадочной» — сгустковой, зловяздвой, гнездообразной, т. е.

весьма прихотливой, формы. В отличие от АСБ, в КБ и ХБ фосфориты имеют более или менее правильную форму, но по сравнению с размерами выделений в АСБ они значительно мельче. В КБ и ХБ фосфориты имеют более или менее правильную форму, но по сравнению с размерами выделений в АСБ они значительно мельче. В КБ и ХБ фосфориты имеют более или менее правильную форму, но по сравнению с размерами выделений в АСБ они значительно мельче.

В противоположность АСБ, в КБ и ХБ еще не найдены текстуры, характерные для этой среды: косая слоистость, признаки, слои конгломерата. В КБ и ХБ фосфориты в АСБ руды, содержащие гравелиты с Богородскими фосфоритами, как описано выше. В КБ и ХБ фосфориты псевдокластитами.

В фосфоритах АСБ встречаются пеллетные структуры, характерные для бассейнов. Практически все фосфатные выделения представляют собой тонкое «сплошное» вещество, причем слои выделений.

Все эти данные не исключают возможности процессов очень избирательного к послойному распределению, подвижность кремнезема, что может привести к перераспределению образований, обладающих определенными свойствами.

Морфологические особенности АСБ. В первых только бассейнах АСБ, но в таких породах и в КБ среди фосфоритов КБ и ХБ встречаются роликовые фосфориты, в которых мечалось, фосфатное вещество выделено, чем в фосфоритах КБ и ХБ выделений мономинеральных, они образуют слои выделений значительного протяжения. С целью детального изучения морфологии образований структур фосфатных выделений не столько первичных, сколько вторичных процессов.

... позволяют взглянуть
... «с большой высоты».
... мобильность фос-
... и тяготение доволь-
... структурно-геохимическим

... телами в АСБ ча-
... скопления
... характера».
... петрографиче-
... до непра-

... в той или иной сте-
... массы, будь то сло-
... Границы фосфо-
... структурные линии вме-
... сгустки, немисли-

... стратифицирован-
... Для отдельных «фос-
... причудливые формы,
... Но здесь выделя-
... петрографически четко

... и прерываются
... тянутся на 2—4 км.
... непрерывно на де-

... интервалов,
... фосфатность пород,
... и ХБ за предела-
... остро исчезает (через
... разрезу). В АСБ же
... с повышенной фос-
... измеряется сотнями

... ТЕЛ

... фосфатная составля-
... выделения
... кристаллический фтор-
... состоящие пол-
... осадочно-слойковую
... телами к руде, со-
... могут быть также «не-
... разнообразной, т. е.

весьма прихотливой, формы, особенно когда размер их невелик по сравнению с размерами ячеек текстурной решетки. Мономинеральные выделения фосфата, соизмеримые по мощности с текстурными элементами (слоистостью, например), как правило, подчинены последним. Фосфат развивается по всевозможным границам вмещающих пород: вдоль границы между слоями, по контактам различных пород, по текстурным поверхностям, например по строматолитовым слоевищам. Нередко, однако, в породах наблюдаются округлые или неправильной формы «плавающие» выделения фосфатов.

В противоположность каратауским в фосфоритах АСБ еще не найдены текстуры, явно порожденные движением водной среды: косая слоистость, окатанные обломки, волновые знаки, слои конгломератов. Явно обработанные водой обломки фосфоритов в АСБ редки, если вообще имеются. Фосфатные гравелиты с Богградского и Тамалыкского месторождений нами, как описано выше, были пересмотрены и оказались псевдокластитам.

В фосфоритах АСБ очень редки настоящие оолитовые и пеллетные структуры, типичные для крупных фосфоритоносных бассейнов. Практически все сибирские кембро-рифейские фосфатные выделения тонкокристаллические, иногда фосфатное вещество тонко «переслаивается» с карбонатным и кремнистым, причем слойки всех компонентов часто выклиниваются.

Все эти данные не позволяют считать фосфориты АСБ во всех случаях несомненно чисто осадочными. Существование процессов очень избирательного метасоматоза, приводящего к послойному распределению новообразований, и большая подвижность кремнезема, карбоната и фосфата вполне могут привести к перераспределению веществ и появлению новообразований, обладающих всеми перечисленными морфологическими свойствами.

Морфологически фосфориты ХБ сходны с фосфоритами АСБ. В первых только больше пеллетных и оолитовидных структур, но таких пород и в ХБ неизмеримо меньше, чем среди фосфоритов Каратау. В ХБ вовсе не встречаются сферолитовые фосфориты, а преобладают афанитовые, и, как отмечалось, фосфатное вещество ХБ чаще сильнее пигментировано, чем в фосфоритах Каратау. В ХБ много слоистых выделений мономинерального афанитового фосфата, причем они образуют слои мощностью до нескольких дециметров и значительного протяжения. С точки зрения автора, результаты детального изучения шлифов позволяют считать, что разнообразие структур фосфоритов ХБ определяется разнообразием не столько первичных условий осадкообразования, сколько вторичных процессов: карбонатизации и окремнения. Вли-

рая зачастую остается
отложений очень

фосфоритов АСБ
и в кусках, и в це-
ментах считаются седимен-
тальными залегами, не про-
ходящими других призна-
ний. Такая ассоциа-
ция почти полного отсут-
ствия конусовидных форм
(шаров), обломков, ис-
ключения сопровождается ри-
пидом, есть основа-
ние брекчии АСБ и ХБ
пока трудно пол-
ностью отсутствия действи-
тельного, в разрезе уча-
стия в типично седимен-
тальных залегают значи-
тельной пачки.

контрастности следуют
в телах фосфатные
слои череду-
ются. По прости-
ности они могут ветвиться,
на их конфигурацию
неравномерного ве-

в фосфоритах ХБ.
значительно меньше. Со-
ставляющие текстуры в
этой свите они встреча-
ются доломитов [124]
в телах фосфоритовой
связи карбонизации
структуру.

В РУДНЫХ ТЕЛАХ

компоненты пород,
в АСБ и ХБ нет та-
кой повышенной
по породам нерав-

номерно. Практически интересные залежи наблюдаются ис-
ключительно в карбонатных толщах, в карбонатных породах.

Главный нефосфатный компонент породы — в основном
доломит, хотя нередко фосфат ассоциирует с кальцитом
(в улунтуйской свите Западного Прибайкалья, в балыгтыг-
хемской и чартысской свитах Тувы). В горнощорских зале-
жах фосфат переплетается то с доломитом, то с кальцитом.
Последний здесь считается вторичным [79, с. 68], но доволь-
но часто эти карбонаты имеют мелкокристаллический габитус,
и поручиться за надежность такого утверждения трудно.
В целом во многих продуктивных пачках АСБ кальцит со-
держится в заметном количестве.

В фосфоритовых пачках ХБ резко преобладает доло-
мит [60]. Очень часто он вообще единственный карбонатный
материал, с которым ассоциирует фосфат, даже в молекуле
фосфата кальций частично замещен магнием [60].

На втором месте по значимости среди нефосфатных ком-
понентов в равной мере как для руд АСБ, так и ХБ и КБ сто-
ит кремнезем. На третьем, тоже в равной мере для всех трех
бассейнов, находятся глинистые (алюмосиликатные) примеси.

Если терригенная нефосфатная составляющая относится
к алевроитовому или песчаному классу, то обломочный мате-
риал представлен зернами кварца. Вопрос о характере пита-
ющей провинции, откуда могли бы взяться эти зерна, трудно-
разрешим. Автор не склонен сейчас считать, что (хотя это
общепринятая точка зрения) незначительные добавки к фос-
форным рудам ХБ и КБ кластического материала можно не-
посредственно связывать с областью интенсивного химиче-
ского «выветривания». На примере формации Фосфория мож-
но убедиться, что кварцевый псаммитовый материал может
быть продуктом размыва не кор выветривания, а местных
олигомиктовых пород. Есть примеры, когда фосфаты ассоци-
ируют и с кварцево-полевошпатовым песчаным материалом.
В таком песчанике встречен, например, фосфат в кварце из по-
курской свиты (сеноман) Западно-Сибирской плиты.

В ряде случаев нефосфатной составляющей фосфоритов
геосинклинальных толщ является углеродистое вещество.
В некоторых фосфорных рудах АСБ оно обильно [150]. Одна-
ко, если принимать во внимание все районы, фосфат с уг-
леродистым веществом коррелируется плохо. И. С. Боровская
[12] показала очень слабую связь фосфатов с углеродистым
веществом.

БЛИЖАЙШИЕ СОСЕДИ ФОСФАТНЫХ ЗАЛЕЖЕЙ

Последовательность слоев в фосфоритовых разрезах
выдержаннее, чем в АСБ. Сказанное не означает, что в фос-
форитовом интервале разреза ХБ можно наметить устой-

чивую последовательность фосфатоносных слоев, которая наблюдается в разрезах Каратау (снизу вверх): нижний доломит → кремневый горизонт → нижний фосфорит → фосфатно-сланцевая пачка → верхний фосфорит → железо-марганцевый карбонат → бурый известняк. На территории ХБ, которая почти в два раза более видимой части Каратауского бассейна, единая последовательность слоев в фосфоритоносных пачках не выдерживается. Но на его восточном фланге на протяжении многих десятков километров следится такая последовательность (снизу вверх): доломиты узорчатые (строматолитовые?) с «инкрустациями», с пачками карбонатных конглобрекций → подфосфатная пачка глинистых доломитовых известняков, тонкослоистых мергелей и алевритов, обогащенных железистыми минералами, → переслаивание обогащенных железистыми минералами, → переслаивание фосфоритов, кремнистых пород и доломитов, брекчий, состоящие из обломков этих компонентов, → кремневый горизонт → надфосфоритовая толща тонкослоистых известняков.

Нижний и верхний члены этой стратиграфической последовательности ХБ могут существенно меняться: нижние доломиты местами приобретают иные текстуры и даже разбавляются известняками; верхняя толща тонкослоистых известняков разбавляется доломитами и приобретает массивные текстуры. Но в целом нижние карбонаты всегда резко отличаются от верхних неоднородностью и более массивными текстурами с частым появлением «узорчатых»; верхняя же карбонатная толща всегда более однородна, более тонкослоиста, менее доломитовая. Непосредственно над продуктивной залегают пачкой 20—30-метровый кремневый горизонт (указания на мощности до 150 м явно завышены), в основном бесфосфатный, под продуктивной пачкой — железистые тонкослоистые сланцеподобные карбонаты, обогащенные глинистой и алевритовой примесью и превращенные в серицитово- и кварцево-карбонатные породы.

Перечисленные породы могут в конкретных разрезах оказываться в той или иной степени перетасованными, но общая тенденция размещения в определенной последовательности сохраняется. На рис. 21 приводится разрез Хубсугульского месторождения на участке Джинхайн-Нуру (южный фланг месторождения).

Можно сказать, что такая стратиграфическая последовательность фоссерии Хубсугульского месторождения и его окрестностей сходна с разрезом Каратау... в перевернутом виде. Железистый горизонт здесь внизу, а кремневый наверху. Однако и в Каратау есть разрезы, где непосредственно под фосфоритоносной свитой залегают пачка красноватых железистых доломитов с глаукофаном. В нижней части хубсугульской фоссерии тоже есть окремнение, что соответствует над-

Хубсугульского месторождения

1 — черные и серые доломиты, брекчиеватые с «инкрустациями», известняки с пачками неправильной формы; 2 — доломитово-глинистые, тонкослоистые, строматолитовые известняки; 3 — фосфоритовая пачка — первоначально сложенная доломитами с прослоями мономинерального фосфорита; 4 — известняки, тонкослоистые, алевритовые, тонкослоистые, последние с прослоями доломитов; 5 — кремневый горизонт; 6 — известняки, местами брекчированные, с включениями фосфорита и доломита; 7 — известняки, серые, сланцевые.

фосфоритовой зоне (окремнение «бурых известняков») в разрезе Каратау того бассейна.

Попытки усмотреть сходство в размещении маркирующей свиты (первая, вторая сотни метров) в пачках АСБ не увенчались успехом. Тенденции существенно различны, более примечательной является особенность, установленная на Джинхайн-Нуру: продуктивная пачка залегает не только с доломитами и тонкослоистыми известняками участками ХБ). В других разрезах сходения не наблюдается. На территории фосфоритоносной свиты тонкослоистых известняков между ними распространены известняковая пачка, выходы известняков и глинисто-сланцевых пород. На территории АСБ выходы известняков даже в пределах одной фазы залегания. Можно только сказать, что сходения где-то в довольно широком диапазоне формации и скорее всего в известняковой толще, если таковая имеется в разрезе.

В АСБ и ХБ довольно часто встречаются сходения, в которых роль здесь играют доломиты. В продуктивных интервалах доломиты залегают в продуктивных интервалах АСБ и ХБ. Здесь часто переслаиваются известняки с доломитами. В доломитовом разрезе известняки ХБ и АСБ сходятся в известняковой свите или чисто известняковой пачке, покрывающей продуктивную свиту, и

слоев, которая на-
зверх): нижний доло-

фосфорит → фосфатно-

→ железо-марганце-

территории ХБ, кото-

Каратауского бас-

в фосфоритоносных

фланге на

следится такая по-

узурчатые (стро-

карбонатных

глинистых доломито-

и алевролитов,

→ переслаивание

доломитов, брекчии,

кремневого

слоистых извест-

послед-

нижние доло-

и даже разбавля-

слоистых известня-

массивные тек-

резко отличаю-

массивными тексту-

верхняя же карбо-

более тонкослоиста,

продуктивной зале-

горизонт (указания

в основном бесфос-

железные тонкосло-

глинистые и квар-

и квар-

разрезах ока-

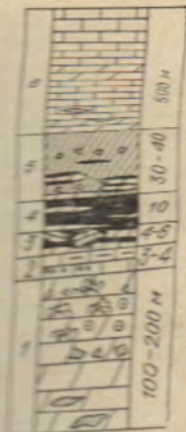
Рис. 21. Разрез участка Джинхайн-Нуру (южный фланг Хубсугульского месторождения) по описанию автора.

1 — черные и серые доломиты, брекчиевые, осадочные, укрупненные с «инкрустациями», пятнистые, с красноватыми включениями неправильной формы; 2 — доломитовые известняки алевритово-глинистые, тонкослоистые, слабофосфатные, с обильно рассеянной вкрапленностью гидрокислов железа в доломитовом виде — ярко-красные; 3 — фосфатно-карбонатная брекчированная пачка — первоначально слагающаяся доломитами тонкослоистыми, с прослоями мономинерального фосфорита; 4 — фосфориты алевритовые, тонкослоистые, массивные, брекчированные, с тонкими прослоями доломитов; 5 — кремнистые, массивные, тонкослоистые, местами брекчированные, в нижней части — с красноватыми прослоями известняки и доломиты; 6 — известняки и доломиты, черные, слоистые.

фосфоритовой зоне окремнения (горизонту «бурых известняков») в разрезе Каратауского бассейна.

Попытки усмотреть единый порядок расположения маркирующих слоев в ближайших (первая, вторая сотня метров) окрестностях продуктивных пачек АСБ не увенчалась успехом. Намеченные последовательности существенно меняются от участка к участку. Наиболее примечательной может считаться лишь последовательность, установленная на Белкинском месторождении, где продуктивная пачка залегает между строматолитовыми доломитами и тонкослоистыми известняками (что сходно с некоторыми участками ХБ). В других районах столь четкого разграничения не наблюдается. На Тамалыкском месторождении ниже фосфоритоносной свиты тоже залегает доломитовая толща, но между ними расположена значительная по мощности известняковая пачка, выше которой следуют пачки вулканогенных и глинисто-сланцевых пород [50, рис. 18, 19, 20]. В целом на территории АСБ место фосфоритов трудно предугадать даже в пределах одной формации, скажем кремнисто-карбонатной. Можно только сказать, что фосфориты могут оказаться где-то в довольно широком интервале верхней части формации и скорее всего выше существенно доломитовой толщи, если таковая имеется в рассматриваемом разрезе.

В АСБ и ХБ довольно близок компонентный состав ближайших к фосфоритам окрестностей разрезов. Существенную роль здесь играют доломиты. Однако если в ХБ в продуктивных интервалах доломиты резко доминируют, то в продуктивных интервалах АСБ это бывает редко. Доломиты здесь часто переслаиваются с известняками. В существенно доломитовом разрезе залегают лишь фосфориты Саржаковского месторождения близ г. Красноярск. Чисто доломитовые или чисто известняковые толщи могут подстилать и перекрывать продуктивные пачки, но не вмещать фосфориты.



Черные глинистые и кремнисто-глинистые пиритовые сланцы в фосфоритовых разрезах АСБ и ХБ распространены примерно в равной мере. В АСБ их роль максимально заметна на Тамалыкском месторождении, а также в районе Сейбинской группы фосфатопоявлений. На Батневском краже (Юлинская группа фосфатопоявлений) близ фосфоритовых слоев (по разрезу) тоже отмечаются черные сланцы.

Взаиморасположение фосфоритов и черных сланцев неопределенно как на мелких, так и на крупных месторождениях. Черные углеродистые сланцы могут встречаться выше, ниже фосфоритовых пластов и между ними. В бассейнах Каратау и Фосфории черные сланцы замещают фосфоритовую пачку по простиранию в сторону от предполагаемого берега. Из этого понятна неопределенность положения черных сланцев в разрезах продуктивных свит: здесь всегда встречаются только отдельные «языки» черносланцевой формации, включающиеся в зону фосфоритообразования.

Кластогенные примеси — весьма характерный индикатор фосфоритовых интервалов в АСБ, и ХБ. Давно отмечено, что в чисто карбонатных однородных разрезах (исключая один лишь участок Белкинского месторождения) фосфоритов не встречается. Однако в фоссериях АСБ нигде не наблюдаются такие породы, которые образуют упомянутую уже подфосфатную пачку Хубсугульского месторождения. В выветрелом состоянии эти терригенно-карбонатные породы окрашиваются в яркие красные, розовые, желто-бурые и сиреневые цвета, резко выделяясь среди однообразной черно-серой вмещающей карбонатной серии. А. В. Ильин [60], считая, что сущность связи фосфоритов с такими породами в общем пока неясна, допускает, что подфосфатная пачка ХБ может быть индикатором поступления в морскую среду зоны фосфатонакопления контаминационных вод, дренирующих кору выветривания. Но полной уверенности в этом не может быть, ибо в морских отложениях могут присутствовать кластогенные примеси дальнего развоза, особенно когда материал достаточно тонок. Кроме того, далеко не все железо-марганцевистые осадки в морях имеют прямое отношение к корам выветривания (в классическом понимании последних). Пестрая (красно-бурая и др.) окраска в подфосфатных слоях ХБ может быть обусловлена образованием маловодных гидроксидов железа при выветривании пиритовых пород. На некоторых фосфатопоявлениях можно наблюдать переходы от темных пиритовых карбонатно-глинистых сланцев к светлым и сращенным разностям. Пример — разрез фосфатной свиты Каратау, где в естественных и карьерных обнажениях фосфоритовой пачки можно видеть пестроцветные кремнисто-фосфатные сланцы, а скважины, пробурившие эту пачку на глубине нескольких сотен метров,

вскрывают только черные глинистые

Необходимо также иметь в виду, что глинистые и железисто-глинистые сланцы в разрезах АСБ и ХБ падают. Фосфориты в разрезах АСБ и ХБ встречаются в интервалах в сотни метров. В разрезе Боксон-Сархойского месторождения пестроцветные глинисто-фосфатные породы встречаются в подобных породах в сотнях метровых горизонтов, в то время как в разрезах Каратау и Фосфории, залегающих в интервалах в сотни метров в разрезе от карьеров, отстоят в разрезе от карьеров в сотни метров*.

Отдаленно аналогичные породы со свободным кварцем в составе близкие к кристаллической структуре, отмечены в разрезах сейбинской серии в северной части Кузнецкого бассейна (в северной части Кузнецкого бассейна) в метрах ниже пачки фосфоритов, завершающих серию [10]. В разрезах пород, предположительно подверженных выветриванию, и фосфоритов в общем виде.

Опираясь на ряд данных, можно предположить, что появление в разрезах АСБ и ХБ пестроцветных сланцев может указывать на выветривание породы. Эту связь установить еще и черных сланцев.

В общем можно считать, что в АСБ, так и в ХБ сочетание фосфоритов и кремнистых сланцев в физическом интервале является характерным для фосфоритовых и кремнистых образований.

ПОЛОЖЕНИЕ ФОСФОРИТОВ В КОМПЛЕКСЕ СЛАНЦЕВ

Итак, при сходном положении фосфоритовых частей разрезов АСБ и ХБ в одинаковых возможностях мы встречаемся с богатыми породами АСБ таких руд нет. С точки зрения социативных характеристик

* В 1972 г. сотрудниками ЦНИИ геологии и разведки обнаружены в разрезах АСБ и ХБ сланцевых микрозернистых фосфоритовых пластов на участке Боксонского месторождения.

вскрывают только черные обильно пиритизированные породы. Необходимо также иметь в виду, что фосфоритовые аллювиальные и железисто-марганцевые горизонты часто не совпадают. Фосфориты и «продукты выветривания» в одних случаях совмещаются в одной пачке, в других — разделяются интервалами в сотни метров. Примером может служить разрез Боксон-Сархойского синклинали к северу от ХБ, где пестроцветные глинисто-карбонатные образования и бокситоподобные породы сонаходятся только с одним из фосфоритовых пластов, залегающие в совершенно аналогичных условиях, отстоят в разрезе от продуктов коры выветривания на сотни метров*.

Отдаленно аналогичные углисто-железисто-серпичитовые породы со свободным глиноземом (корунд), во химическом составе близкие к каолиновым глинам, имеющие мелкобобовую текстуру, отмечены в мергелистой пачке рифейской енисейской серии в разрезе Талановского фосфатопоявления (в северной части Кузнецкого Алатау), но на 500 или более метров ниже пачки фосфатоносных кремнистых доломитов, завершающих серию [108]. Таким образом, совпадение пород, предположительно имеющих отношение к корам выветривания, и фосфоритов определяется лишь в чрезвычайно общем виде.

Опираясь на ряд других примеров, можно сказать, что появление в разрезах глинистых и прочих кластогенных припоясий на сплошном карбонатном фоне в определенной мере может указывать на возможную фосфатовосность, но очень ненадежно. Эту связь усиливает лишь появление в разрезе еще и черных силицитов.

В общем можно считать, что наиболее перспективно как в АСБ, так и в ХБ сочетание в одном и том же стратиграфическом интервале доломитов, известняков, глинистых, алевролитовых и кремнистых образований, а также черных сланцев.

ПОЛОЖЕНИЕ ФОСФОРИТОВ В КОМПЛЕКСЕ ОТЛОЖЕНИЙ

Итак, при сходном компонентном составе фосфоритоносных частей разрезов кембро-рифейской карбонатной серии и одинаковых возможностях перетасовки компонентов в ХБ мы встречаемся с богатыми фосфоритовыми рудами, а в области АСБ таких руд нет. С помощью компонентных и ассоциативных характеристик продуктивных интервалов удает-

* В 1972 г. сотрудниками ГИГХС обнаружен пласт бедных, но явно кластовых микрозернистых фосфоритов примерно в 70 м ниже бокситового пласта на участке Боксонского бокситового месторождения.

ся подметить только частные различия между ХБ и АСБ, не отвечающие на основной вопрос оценки АСБ.

Совсем другая картина наблюдается, если обратиться к положению фосфоритов в пределах всего комплекса отложенный кембро-рифей.

Начнем с того, что фосфориты ХБ и АСБ залегают в пределах сходного мощного комплекса преимущественно карбонатного состава. В АСБ этому комплексу соответствуют две серии: рифейская енисейская и лежащая на ней кембрийская усинская; в ХБ — кембро-рифейская хубсугульская серия. Оба комплекса вполне сопоставимы по возрасту и литологическим характеристикам. В обоих комплексах пластовые фосфориты не встречены в тех стратиграфических интервалах, что находятся выше слоев с археоциатовой фауной. В ХБ на уровне слоев, которые можно относить уже к кембрию (?), известно лишь одно очень бедное фосфатопоявление Тэмен-Султу [60]. В АСБ в достоверно нижнекембрийских (мрасской, усть-кундатской и кутен-булукской) свитах обнаружены также лишь чрезвычайно бедные фосфатопоявления, главным образом желваковые. Вышележащие бесфосфатны. Нижнекембрийская тамалыкская фосфоритоносная свита подстилает известняки с археоциатами, хотя по составу и наличию обломков фауны может быть сопоставлена с усть-кундатской свитой низов усинской серии [96]. Фосфатоносная белкинская свита тоже подстилает археоциатовые известняки и считается докембрийской. В целом все наиболее существенные фосфатопоявления АСБ находятся немного ниже подошвы достоверно кембрийских слоев (с археоциатами) или же могут занимать позицию в нижайших кембрийских или переходных к ним слоях [79, рис. 21]. Не исключено, что тамалыкская свита синхронна белкинской; тогда, значит, енисейская серия своими верхами захватывает нижний кембрий.

Известно, что стратиграфические сопоставления древнейших свит Алтае-Саянской и Байкальской областей еще далеко не надежны. Однако в данном случае не столь важна их точная стратиграфическая датировка, сколько относительное положение уровней фосфатонакопления. Несмотря на неоднократно отмечаемые «блуждания» фосфоритов по разрезам енисейской серии, особенно наиболее незначительных их проявлений, надо отметить тяготение фосфоритов именно к ее верхам. Как выяснилось, фосфориты нижней части енисейской серии — в кабырзинской свите — на самом деле можно относить к верхнему — пызасскому (белкинскому) — уровню [91].

Фосфоритоносная хубсугульская серия — стратиграфический аналог енисейской + усинской серии. Ее тоже можно

подразделить на нижнюю и верхнюю, которыми является подошва хубсугульской серии, трем свитам енисейской — хубсугульской, хубсугульской и белкинской — и босхатской. Выше босхатской и пятнистые известняки хубсугульской серии. Это — аналог усинской серии. А. В. Ильин [60], сопоставляя хубсугульскую серию, пришел к выводу, что в возрасте дооднурской и однурской находит возможным относить к этому комплексу (она сопоставляется с блематикой).

Детальные литологические сопоставления рифейской и докембрийской части хубсугульских разрезов енисейской серии (свиты) более известны в хубсугульской серии. Самые низы; заметим при этом, что серия достоверно не вышележит, чем АСБ, и зональность ее разрезов не так детально известна. Сопоставления пока не имеют место. Разрезы Хубсугульские и АСБ, мы не можем быть уверены, что они имеют разные структуры. Данные не дают оснований для сопоставления ХБ на «структурно-литологические различия» между собой. Известно лишь, что в хубсугульской серии менее развиты.

Мощности предкембрийской и ХБ близки: 2,5—3,5 км. В ранних этапах сопоставления фосфоритов АСБ и других рифейских разрезов, на уровне появления фосфоритов подходе фосфориты древнейшей серии горизонта АСБ оказываются сопоставимыми с фосфоритами ХБ, что, конечно, интересно для оценки их достаточности.

Совместим енисейскую и хубсугульскую для обеих (и пока единственную) сериям уровню — по основанию стратиграфии, что генеральным образом известно, а мощность сопоставляется с мощностью находящегося под маршановской серией, ко бросается в глаза различие

между ХБ и АСБ, не
АСБ.

если обратиться к
комплекса отложе-

ХБ и АСБ залегают в пре-
преимущественно карбо-
соответствуют две
на ней кембрийская
хубсугульская серия.

по возрасту и литологи-
комплексам пластовые
стратиграфических интерва-
археоциатовой фауной.

можно отнести уже к кемб-
Белые фосфатопроявля-
верно нижнекембрий-
булукской) свитах
Белые фосфатопроявля-

Вышележащие свиты
практически бесфос-
фосфоритоносная
с археоциатами, хотя по

может быть сопоставле-
серии [96]. Фо-
подстилает археоциато-
В целом все на-

АСБ находятся
кембрийских слоев (с ар-
вниз в нижайших
слоях [79, рис. 21].
синхронна белкинской;

верхами захватывает
сопоставления древней-
областей еще да-
случае не столь важна
относитель-

фосфоритов по раз-
незначительных
фосфоритов именно
нижней части ени-
— на самом деле мож-

белкинскому) —
— стратиграфиче-
Ее тоже можно

подразделить на нижнюю и верхнюю части, границей между которыми является подошва археоциатовых слоев. Таким образом, трем свитам енисейской серии — кабырзинской, западносибирской и белкинской — в хубсугульской серии отвечают тоже три (нижние) свиты — дооднурская, харманская и босхатская. Выше босхатской залегают белые узорчатые и пятнистые известняки хоридулинской свиты с археоциатами. Это — аналог усинских (усть-кундатский?) известняков. А. В. Ильин [60], сопоставив все известные разрезы хубсугульской серии, пришел к заключению о верхневерифейском возрасте дооднурской и харманской свит; босхатскую он находит возможным относить к предкембрийскому юдомскому комплексу (она содержит известный IV комплекс проблематики).

Детальные литологические сопоставления енисейской серии и докембрийской части хубсугульской затруднены. В горношорских разрезах енисейской серии ее нижняя и верхняя части (свиты) более известняковы, нежели доломитны. В хубсугульской серии нижняя часть более доломитна, особенно самые низы; заметим при этом, что самые низы енисейской серии достоверно не наблюдались. ХБ изучен гораздо меньше, чем АСБ, и зональность слагающих его отложений определена не так детально, как в АСБ. Значит, конкретные сопоставления пока не имеют смысла: сопоставляя, скажем, разрезы Хубсугульского месторождения и Батеневского кряжа, мы не можем быть уверены, что не сопоставляем разрезы разных структурных зон. Известные на сегодняшний день данные не дают оснований отрицать возможность подразделения ХБ на «структурно-фациальные» зоны, существенно различающиеся между собой. Пока же А. В. Ильиным установлено лишь, что в центре ХБ докембрийская часть хубсугульской серии менее доломитна, чем по его периферии [60].

Мощности предкембрийского карбонатного разреза в АСБ и ХБ близки: 2,5—3,6 или 3—4 км в обоих районах. На первых этапах сопоставления стратиграфических позиций фосфоритов АСБ и других районов проводилась, как было сказано, на уровне понятия о «позднем докембрии». При таком подходе фосфориты дооднурской свиты ХБ и пизасского горизонта АСБ оказываются стратиграфически аналогичными. Это, конечно, интересно для их оценки, но совершенно недостаточно.

Совместим енисейскую и хубсугульскую серии по общему для обеих (и пока единственно надежному) маркирующему уровню — по основанию археоциатовых известняков. Отметим, что генеральных несогласий внутри этих серий не установлено, а мощность однотипного (карбонатного) комплекса, находящегося под маркирующим уровнем, близка. Тогда резко бросается в глаза различие стратиграфической позиции

фосфоритов ХБ и АСБ. Первые залегают вблизи оснований карбонатной серии, а вторые — в верхах ее (рис. 22).

Подобное различие на первый взгляд не очень существенно. Как сказано, фосфориты «предпочитают» доломитовые участки разреза с неоднородностями (прослоями кремней, сланцев и пр.). В енисейской серии все это сосредоточено в ее верхней части, а в хубсугульской — в нижней; эпоха же

фосфатонакопления одна и та же — «позднедокембрийская». Кроме того, в других районах Азии имеются высококачественные фосфориты в моложе пызасского горизонта, и близкие к нему. Однако, на наш взгляд, именно в различии положений фосфоритов АСБ и ХБ по отношению к подошве карбонатного комплекса и кроется причина различной продуктивности этих уровней.

Фосфориты и ХБ, и ХБ, несмотря на различия в возрасте, сформировались в одинаковой позиции — на начальном этапе образования мощного карбонатного комплекса. Судя по облику подстилающих этот комплекс терригенных серий (соответственно каройской и дархатской), морской бассейн существовал в обоих районах еще до начала отложения про-

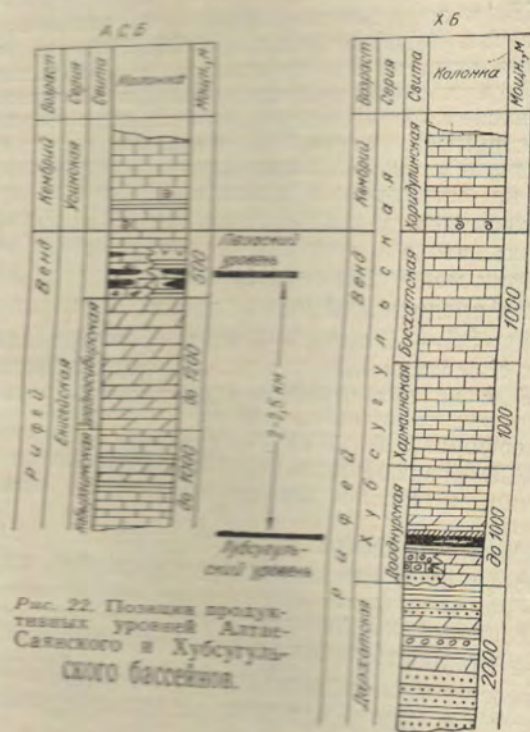


Рис. 22. Позиция продуктивных уровней Алхатского и Хубсугульского бассейнов.

дуктивного карбонатного комплекса. Они сформировались в обстановке морского бассейна области сноса. В самом бассейне — неоднородным. Местами в области сноса действовали вулканы. Литовский уровень дархатской серий говорит о том, что «старый» бассейна был весьма обширным. Условия, очень сложные, быстро изменялись. Затем возникли новые бассейны, лежа бассейнов, занимающие в несколько раз большую площадь — бассейны Каратау также оказались не очень плодотворными, в них много конглобрекчий в основании (они залегают посредственно ниже). Здесь также начали отлагаться чистые известняки, сланцы и получили известняки.

Б. М. Гиммельфарбер [36] описывает, в формах фосфориты часто выносятся на поверхность размыта, но в бассейне отделены от этой поверхности. Каратау имеет мощность до 10—15 м, в нем сотни метров. Судя по данным исследований, ХБ — самый плодотворный из карбонатных бассейнов. По-видимому, различие подфосфатных доломитовых слоев сланцев почти обязательно, они формируются как первые слои, от берега, но еще недостаточны для фосфоритов. Достаточные условия в бассейнах и даже внутри бассейнов осадконакопления в сланцах, они тоже неравномерны, особенно в доломитов *.

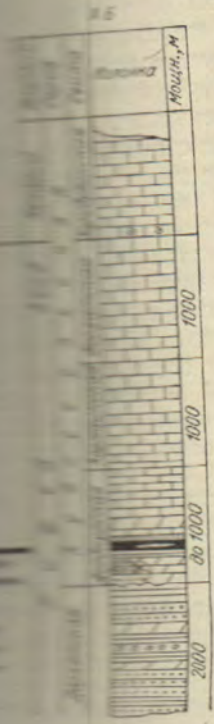
Карбонаты накапливаются в широком диапазоне условий, не только в фосфоритовых пачках, вместе с ними происходит «отложение» фосфоритовых фаций, которые являются фосфатоосаждениями в результате, но же при незначительных изменениях глубины 30 м, они выпадают. Уже было сказано, что фосфоритов к экстрактивным условиям относятся трансгрессивным и регрессивным, торной, а выводимой на другие условия.

* Попытку автора описать условия формирования фосфоритов в этих условиях не удалось. Удалось лишь указать на то, что в этих условиях формируются фосфориты, а выводимой на другие условия.

... вблизи оснований
... (рис. 22).

... не очень существ-
... «сиднекокембрийская».
... в нижней; эпоха же
... высококачест-
... горизонта, и близ-
... в различии по-
... к подошве
... различной про-

... различия в возрасте,
... — на начальном эта-
... комплекса. Судя по
... серий (со-
... морской бассейн су-
... отложения про-



дуктивного карбонатного комплекса. Терригенные толщи формировались в обстановке сильно расчлененного рельефа области сноса. В самом бассейне рельеф дна тоже был расчлененным. Местами в области седиментации или близ нее действовали вулканы. Литологическая пестрота каройской и дархатской серий говорит о том, что режим «докарбонатного» бассейна был весьма беспокойным и что контуры акваторий, очень сложные вследствие обилия островов, могли быстро изменяться. Затем наступило общее выравнивание ложа бассейнов, и они (бассейны) распространились на гораздо большую площадь — трансгрессировали. В отличие от бассейна Каратау самые начальные этапы трансгрессии в ХБ оказались не очень плавными, если судить по мощным пачкам конглобрекчий в основании хубсугульской серии (и не посредственно ниже). Далее наступил этап стабилизации — начали отлагаться чистые известняки, доломиты, углистые сланцы и получили возможность формироваться фосфориты.

Б. М. Гиммельфарбом [36] отмечено, что если на платформах фосфориты часто наблюдаются непосредственно над поверхностью размыва, то в более подвижных областях они отделены от этой поверхности интервалом, который в Каратау имеет мощность до 10—15 м, а в ХБ измеряется первыми сотнями метров. Судя по мощности подфосфатных карбонатов, ХБ — самый подвижный из всех крупных фосфоритоносных бассейнов. По-видимому, в подвижных областях наличие подфосфатных доломитов («нижних» доломитов) или сланцев почти обязательно. «Нижние» доломиты, наверно, формируются как первые слои в зоне, достаточно удаленной от берега, но еще недостаточно глубокой для образования фосфоритов. Достаточное углубление наступает в разных бассейнах и даже внутри одного бассейна одновременно; темп осадконакопления и, главное, продвижение береговой линии тоже неравномерны, отсюда и разная мощность «нижних» доломитов*.

Карбонаты накапливаются в неизмеримо более широком диапазоне условий, нежели фосфаты. Маломощность фосфоритовых пачек, вместе с фактом геостратиграфического «скопления» фосфоритовых фаций, может говорить о том, что зоны фосфатоосаждения не удерживаются долго на месте. Даже при незначительных для процесса карбонатонакопления изменениях глубин ЗФ, видимо, или исчезают, или перемещаются. Уже было сказано о том, что приуроченность фосфоритов к экстремальным фазам состояния бассейнов — трансгрессивным и регрессивным — представляется не факторной, а выводимой из других положений, прежде всего из

* Попытку автора отнести «нижние» доломиты Каратау и вышележащие слои продуктивной свиты к регрессивным [49] следует признать неудачной.

особенностей расположения зоны фосфатоосаждения. Все крупные месторождения фосфоритов возникали главным образом на мелководье и в умеренном удалении от берега [23, 37, 176], хотя последний не всегда уверенно определяется. Поэтому большинство фосфатоворывшиных в теле сформированного комплекса осаджений данного бассейна, вероятнее всего, будет концентрироваться в периферийных его частях. Вполне возможны фосфориты и в центральных частях разреза карбонатного массива, там, где в общем повторялись условия приконтинентальной зоны. Возникновение фосфоритов возможно и на внутриабейсовых отмелях, близ островов. Но эти «миниатюрные» зоны приконтинентального процесса не обеспечивают формирования крупных залежей. Отдельные участки благоприятной периферийной зоны морского комплекса далеко не равноценны. Необходимы же глубины (вместе с температурным режимом, щелочностью, движениями вод и условиями жизнеобитания) в том или ином месте бассейна могут возникать как вследствие трансгрессии, так и при регрессии.

Однако трансгрессивный этап нередко благоприятнее. Начало жизни бассейна отличается активными обширными плавными опусканиями. На регрессивной же стадии протекают резкие неравномерные движения различного знака. При общей регрессии в конце времени формирования комплекса фосфоритоносный уровень представляет собой цепочку залежей, которые распространены широко, но мелки вследствие ограниченности размеров зоны действия процесса и разрушающей деятельности подветей.

Между этими двумя крайними позициями существует еще одна зона фосфоритоносности, отвечающая прицентральному сечению комплекса. Она возникает во время максимальной трансгрессии и максимальной стабилизации условий. В этот «средний» этап эволюции бассейна движения береговой линии и процесс изменения глубин не сопровождаются существенными разрывами и прочими осложнениями, неблагоприятными для сохранения осадков. Зона фосфоритообразования в этот момент может уйти с некоторого участка, а затем вновь вернуться сюда, подчиняясь плавным поднятиям и опусканиям. Фосфоритовые горизонты, возникающие в такой позиции, могут быть не беднее, чем фосфориты начального этапа развития бассейна. Строение фоссерий центрального положения, независимо от характера их осадков, симметричное, они содержат заметное количество кластических примесей. Трансгрессивные и регрессивные движения на этом этапе происходят плавно, приводя к одинаковым результатам в смысле распределения глубин моря. Примечательно, что в зависимости от темпов эволюции бассейна и степени его тектонической стабильности продуктивные горизонты цент-

рального положения зальными совершенно без-

Итак, можно думать, что зонты, сформировавшиеся в бассейне, имеют тенденцию к развитию в спокойном заключительном этапе бассейна.

Фосфориты первого этапа которой часто наблюдаются фосфоритов — отложения (рис. 23). Фосфориты образуются кластичкой, но сопровождаются осадками тонкого перемятия, осадки очень слабые, третьего этапа приносятся полагаются отложения, отмечается более глубокая разрушения более раннего благоприятен для формирования два первых.

Обратимся к рассмотрению эту схему. Основным элементом территории АСБ и ХБ является ская часть хубсугульской равнины, карбонатно-территориальная оставшаяся равнина с широким развитием равнин не рассматриваются.



Рис. 23. Вероятное строение бассейна в докембрийское время. 1 — нижний карбонатный комплекс (включая месторождения флаигов Хубсугульской равнины и дельты Хубсугульского моря).

Фосфатоосаждения. Все возникали главным образом в удалении от берега [23, ...] уверенно определяется в теле сформированного бассейна, вероятнее всего в прибрежных его частях. В центральных частях разрезов в общем повторялись условия формирования фосфоритов в прибрежных частях, близ островов. В прибрежной зоне морского комплекса в прибрежных частях, в частности, движениями в том или ином месте бассейна в процессе трансгрессии, так и

благоприятнее. На ранних стадиях обширными были же стадии протекавшие в различных условиях. При формировании комплекса в прибрежных частях, в частности, в мелки вследствие ... процесса и разру-

существует еще при центральном ... в время максимальной ... условий. В этот ... движения береговой ... сопровождаются ... осложнениями, не ... Зона фосфоритов ... с некоторого участка, ... главным поднят- ... возникающие в ... чем фосфориты началь- ... фосфоритов централь- ... их осадков, с ... количество кластиче- ... движения на ... и ... резуль- ... Примечательно, ... бассейна и степени его ... горизонты цент-

рального положения могут разделяться то малыми, то значительными совершенно бесфосфатными интервалами разреза.

Итак, можно думать, что существуют фосфоритовые горизонты, сформировавшиеся: 1) на начальном этапе плавного расширения бассейна; 2) на спокойном среднем этапе, когда тенденции в развитии бассейна уравниваются; 3) на неспокойном заключительном этапе замыкания или перестройки бассейна.

Фосфориты первого этапа приурочены к границе, ниже которой часто наблюдается обломочный материал, а выше фосфоритов — отложения весьма удаленной от берегов зоны (рис. 23). Фосфориты второго этапа не связаны с грубой кластикой, но сопровождаются заметным количеством примесей тонкого перемытого материала, а ниже и выше их следуют осадки очень спокойных (тектонически) зон. Фосфориты третьего этапа приурочены к границе, ниже которой полагаются отложения очень спокойной зоны, а выше часто отмечается более грубый материал. Нередко это продукты разрушения более ранних осадков. Последний этап менее благоприятен для формирования ранних фосфоритов, чем два первых.

Обратимся к конкретным примерам, подтверждающим эту схему. Основным фосфоритовым комплексом на территории АСБ и ХБ являются енисейская серия, докембрийская часть хубсугульской серии и синхронные им карбонатные, карбонатно-терригенные и вулканогенные серии. Сравнительно остающиеся карбонатные части комплекса (области с широким развитием терригенных и вулканогенных отложений не рассматриваются, так как они являются фосфоритов

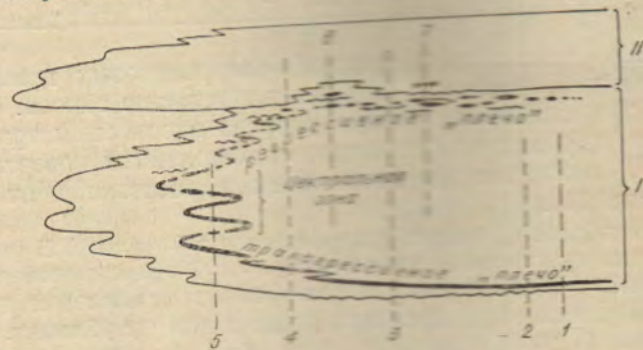
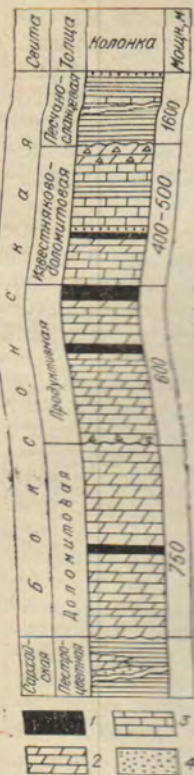


Рис. 23. Вероятные позиции, занимаемые фосфоритами в отложениях фосфатосажающего бассейна.

I — нижний карбонатный комплекс (нижний докембрий для АСБ и ХБ, кембро-ордовик для Каратау); II — верхний карбонатный комплекс (кембрий для АСБ и ХБ); 1-2 — положение разрезов месторождений Каратауского бассейна; 3 — южный; 4 — северный фланг Хубсугульского месторождения; 5 — Улагольское; 6 — Тамалыкское (Кузнецкий Алатау); 7 — Горношорские месторождения.



в них не прелвидится), легко видеть, что фосфориты ХБ занимают нижнее положение, располагаясь на резко выраженном «трансгрессивном плече» карбонатной серии. По мере продвижения на север вдоль фосфоритовой пачки восточного фланга ХБ продуктивный горизонт все больше отходит от подошвы карбонатной серии. На южном участке Хубсугульского месторождения фосфориты обнаруживаются примерно в двухстах метрах от ее подошвы, на северных — уже в четырехстах, а еще севернее — в Ухагольском синклиории и на территории СССР — фосфориты появляются лишь на расстоянии 850 м от подошвы серии по разрезу. Одновременно меняется характер продуктивной пачки. Если на южных участках она достаточно компактна и представляет собой фактически один продуктивный горизонт, то на Ухагольском месторождении и севернее фосфориты разделяются довольно мощными (300—250 м) интервалами бесфосфатных доломитов. Появление пластов фосфоритов в северо-восточной части ХБ коррелируется с

Рис. 24. Разрез Ухагольского месторождения (северный фланг Хубсугульского бассейна), по А. В. Ильину, 1971 г.
(1 — фосфоритные горизонты; 2 — доломиты; 3 — известняки; 4 — песчаные породы).

появлением глинистых и кварцево-алевролитовых примесей, обозначающих обмеление или интенсификацию заноса. Строение фосфоритового интервала разреза здесь симметричное, иногда между слоями фосфоритов наблюдаются поверхности размыва, отстоящие на почти равные расстояния от этих слоев (рис. 24).

видимо, протекал процесс длительной задержки зоны сейской серии на берегах мывов, частое брекчирование богатых пород, появившихся чаники, повышено содержание означает близость отложений

Рис. 25. Обобщенный разрез... ки формации Фосфорит... П. Дж. Кук [1961].
I — карбонатная пачка (продуктивная); III — кремнистый фосфорит, 3 — алеврит

ются признаки активной «регрессивное плечо» для фосфоритообразования енисейской серии (в ее ствует. Где оно непосредственно обнаружен. Есть все физованные породы и Знацкого Аляска, не играют роли на основании для енисейской

граувакковых песчаных подьенисейское Следовательно, более рии — ее «трансгрессивное»

В последующее уская свиты) некотор вение очень бедны фритовый интервал щем, аналогичную пермских фосфоритов

видимо, протекал беспокойно, рывками, без длительной задержки зоны фосфоритообразования на одном месте, с быстрыми перемещениями ее. Действительно, в верхней части енисейской серии наблюдаются поверхности размывов, частое брекчирование отложенных карбонатных пород, появляются известковые песчаники, повышено содержание кластики, что означает близость отмелей и островов; отмеча-

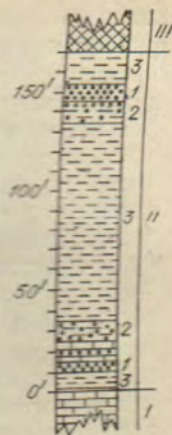


Рис. 25. Обобщенный разрез нижней фосфоритовой пачки формации Фосфория юго-восточного Айдахо по П. Дж. Куку [144] (мощности в футах).
I — карбонатная пачка Грандер; II — пачка Мед Лак (продуктивная); III — кремни Рекс; 1 — богатый фосфорит, 2 — бедный фосфорит, 3 — алевроит-глинистые сланцы (железистый).

ются признаки активации вулканической деятельности. Это — «регрессивное плечо» истории бассейна, малоблагоприятное для фосфоритообразования. «Трансгрессивное плечо» в составе енисейской серии (и ее аналогов в ближайших районах) отсутствует. Где оно может оказаться доступным — неизвестно. Непосредственный фундамент енисейской серии пока тоже не обнаружен. Есть все основания считать, что высокометаморфизованные породы терехтинской и терсивской серии Алтая и Кузнецкого Алатау, хотя они и древнее енисейской серии, не играют роли ее непосредственного ложа. Возможно, таким основанием для енисейской серии служит пызасская свита граувакковых песчаников в Горной Шории, но известно, что подьенисейское положение ее оспаривается [50, с. 19—20]. Следовательно, более перспективный интервал енисейской серии — ее «трансгрессивное плечо» скрыто от нас.

В последующее усинское время (усть-кундатская и мрасская свиты) некоторая трансгрессия обусловила возникновение очень бедных конкреционных руд и рассеянных фосфоритовых слоев (в мрасской свите Горной Шории, Белоусинское фосфатопоявление). Условия для фосфоритообразования в усинское время были намного хуже, чем в предархеозоитовое время. Нижнекембрийские свиты резко отличаются от фосфоритоносных докембрийских преобладанием светлых известняков и рядом других геохимических характеристик.

Обращаясь к интерпретации фосфоритоносного разреза северо-западного Прибайкалья, описанного в [51], при подобном подходе можно заметить следующее. Фосфоритоносный интервал улунтуйской свиты занимает позицию, в общем, аналогичную позиции каратауских, хубсугульских и пермских фосфоритов США: он залегает на существенно тер-

ригенной толще. Для оценки фосфоритоносности стратиграфическая разбивка байкальского комплекса оказывается не совсем удобной, ибо подфосфатная терригенная толща разделена на разные свиты. Согласно работе [74], эти подфосфатные части разреза можно объединить в одну терригенную «формацию кварцевых песчаников». Но, как отмечалось, чисто стратиграфический подход к оценке перспективности ориентировал на поиски фосфоритов в основании голоустенской свиты как отвечающей «начальному этапу трансгрессии» в масштабе всего байкальского комплекса [49, с. 109]. Рассматривая же разрез дифференцированно, можно видеть, что нижняя часть голоустенской свиты отвечает ингрессивному захвату [50, с. 76], когда начавшееся было доломитонакопление быстро сменилось преимущественно терригенным осадкообразованием. Стабилизация бассейна с благоприятно замедленным развитием трансгрессии началась только со времени средней подсвиты улунтуйской свиты. Более качественная фосфатоносность в средней свите фиксируется несколько выше самых нижних ее слоев (черные глинистые сланцы, переходящие в известняк с кремнистыми стяжениями), играющих роль «слабых доломитов». Выше следуют фосфатные силициты и известняк. В целом осадки нижней подсвиты более глубоководны, чем верхней, где резко увеличивается объем биогенных известняков, пестроцветных алевроито- и глинисто-карбонатных сланцев; местами присутствуют грубообломочные породы, признаки осушения дна бассейна.

Таким образом, нижняя подсвита олицетворяет «трансгрессивное плечо», верхняя — явно регрессивное. Этому, в общем, соответствует и характер фосфоритов: в верхней подсвите фосфориты большей частью переотложенные, сильно засоренные терригенными примесями, а продуктивные слои менее мощные, чем в средней подсвите. Однако в улунтуйской свите мы имеем сокращенное подобие трансгрессивно-регрессивной схемы. Фосфоритовосная часть свиты формирования мощного карбонатного комплекса. Это были не «колыхания» обширных участков бассейна, а слабые локальные, неравномерно распределявшиеся «подрагивания» карбонатосаждающего бассейна, сменявшиеся бурным терригенным накоплением, в результате которого образовалась вышележащая качергатская свита. Но схема процесса в принципе была той же.

Возвращаясь к рис. 23, рассмотрим характеристики отдельных месторождений. Месторождения бассейна Каратау расположены на «трансгрессивном плече» при малой мощности «нижних» доломитов. Месторождения Хубсугульского бассейна занимают такую же позицию, но мощность «нижних» до-

ломитов повышена. В
ние Тэмен-Султу) в разрезе
попадает фосфатопро-
рождения же Ухагольских
центральной части бассейна —
грессивных и регрессивных
ных «раскачиваний» бассейна.

Из сказанного вытекают
знаки перерыва в стратигра-
пачки на подстилающих породах
нивать (на фосфоритовосности
мого сопоставления с известня-
ваемого интервала стратигра-
региональной истории бассейна
ющего понятию о «бассейне»
границы сопоставления с
такого комплекса может быть
ных залегающих», ибо только
процесс «отложения» в «бассейне»
ношением геологическим
регрессивные этапы, которые
при отходе моря, интрорессив-
регрессии».

Пример высокой свиты
ной толщи — разрез Эвлюция
Эволюция позиций зоны
симметричному «раскачиванию»
весьма стабильной области
копящего бассейна. Кроме
помимо всего прочего, в том
много меньший интервал
нозначных ритмов. По [74]
симметричное повторение
терпретируется как повторение
сии, разделенных интрорессив-
ющимися в зоне, интрорессив-
рега, считаются утратившими
кой к берегу и в бассейне
породы (доломиты). Вполне
верно, но такая схема пред-
ванной.

В сплошных карбонат-
комплексов Каратау или Хубсугу-
бонаты, явно отложенные в
трансгрессии. Испытывая
считать, что переотложение
трансгрессии и последующий
ведет к >-образному строению

...ности стратигра-
...оказывается не
...терригенная толща раз-
...работе [74], эти подфос-
...в одну терригенную
...Но, как отмечалось,
...перспективности
...в извлечении голоустен-
...этапу трансгрес-
...комплекса [49, с. 109].
...можно видеть,
...отвечает ингрессивно-
...было доломито-
...терригенным
...бассейна с благоприятно
...зачалась только со
...свиты. Более каче-
...фиксируется не-
...черные глинистые
...смятыми стяжени-
...свиты». Выше следуют
...осадки нижней
...где резко уве-
...пестроцветных
...местами присут-
...осушения дна

...создает «транс-
...Этому, в об-
...в верхней под-
...сильно
...слои
...в улунтуй-
...трансгрессивно-
...часть свиты форми-
...от условий фор-
...Это были не
...и слабые локаль-
...«раскачивания» кар-
...бурным терриген-
...образовалась выше-
...процесса в принципе

...характеристики отдель-
...бассейна Каратау рас-
...для малой мощности
...Хубсугульской бассей-
...«нижних» до-

ломитов повышена. В одном из участков (фосфатопроявление Тэмен-Султу) в разрез хубсугульской серии, возможно, попадает фосфатопоявление «регрессивного плеча». Месторождения же Ухагольского синклинория расположены в центральной части комплекса — в области чередования трансгрессивных и регрессивных «плечей» периода наиболее плавных «раскачиваний» бассейна.

Из сказанного вытекает, что наблюдаемые в разрезе признаки перерыва и «трансгрессивное» задевание какой-либо пачки на подстилающих отложениях не всегда можно оценивать (на фосфоритонность) самостоятельно — путем прямого сопоставления с аналогичным объектом. Позицию оцениваемого интервала следует рассматривать только на фоне региональной истории целого комплекса отложений, отвечающего понятию о «бассейне», т. е. существенно расширять границы сопоставляемых объектов. На «регрессивном плече» такого комплекса может наблюдаться серия «трансгрессивных залегающих», ибо геологическими телами фиксируется процесс «отложение», а «размыв» фиксируется лишь соотношением геологических тел. Поэтому иногда часто регрессивные этапы, которые надо понимать как «отложение при отходе моря», интерпретируют как «трансгрессии на фоне регрессии».

Пример высокой симметричности строения фосфоритонной толщи — разрез Западного фосфатного поля США [189]. Эволюция позиций «раскачиванию» бассейна, расположенного в весьма стабильной области. Отличие первого фосфатонакопляющего бассейна Скалистых гор от АСБ или ХБ состоит, помимо всего прочего, в том, что его история уложилась во много меньший интервал времени в сравнении с двумя пар равнозначных ритмов. По [178, 189] (то же см. в [24, с. 55]), симметричное повторение фосфоритовых пачек в разрезе интерпретируется как повторение двух максимумов трансгрессии, разделенных максимумом регрессии. Породами, отлагающимися в зоне, максимально глубокой и удаленной от берега, считаются углеродистые аркаиты, а в наиболее близкой к берегу и в наиболее мелководной — карбонатные породы (доломиты). Возможно, для данного района это и верно, но такая схема представляется слишком детерминированной.

В сплошных карбонатных разрезах фосфоритонных комплексов Каратау или ХБ выше фосфоритов залегают карбонаты, явно отложившиеся в процессе дальнейшего развития трансгрессии. Используя фиг. 82 из работы [189], можно считать, что перемещение зоны фосфатонакопления при трансгрессии и последующей регрессии в общем случае приводит к >-образному строению фосфоритовой залежи на

профиле. На данной фигуре такой формой обмывает залежи кремней и карбонатных пород, а фосфориты занимают положение внутри развилки. Однако, учитывая, что в разрезах карбонатных комплексов подвижных областей фосфориты латерально в обоих направлениях переходят в карбонаты, следует считать, что в центральной части такого комплекса >-образной формой будут обладать и залежи фосфоритов, т. е. последние будут симметрично разделены в вертикальном разрезе пачками нефосфатных карбонатных пород.

Возможно, такую же позицию занимают верхнемеловые — палеогеновые фосфориты Северной Африки. Нижние карбонатные здесь то относительно маломощны, то продуктивные пласты как бы «повисают» в карбонатном разрезе, у которого не видно основания [104, рис. 2]. В последнем случае мы, конечно, наблюдаем уже не начальный этап истории бассейна, а средний — равномерно-симметричный. Позиционно североафриканские фосфориты не отличаются от пермских фосфоритов США; в первых только больше мощности нижних и верхних карбонатов. Компонентные же отличия, например присутствие близ фосфоритов относительно мощных кремней, доломитность и т. п., могут быть обусловлены не только палеогеографической индивидуальностью данной зоны бассейнов, но и постседиментационными процессами, которые в мел-палеогеновой толще еще только начинаются.

В определенной мере аналогичное заключение, касающееся ситуации залегания руд сванца, можно найти в статье [45], где указывается, что относительно богатые пластовые руды (галенитизированные известняки) нижнекаменноугольной карбонатной свиты приурочены к трансгрессивным частям осадочных ритмов, а более бедные — к регрессивным частям этих же ритмов. «Фациальный» профиль через один седиментационный ритм [45, фиг. 8] в принципе повторяет картину, показанную на нашем рис. 23.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диапазон условий образования вмещающих фосфориты осадков значительно шире, чем самих фосфоритов. Поэтому по характеру фосфатовмещающих пород и их последовательности в разрезах трудно определить, находился или нет оцениваемый интервал разреза в зоне, благоприятствующей фосфоритообразованию. Поэтому при оценке следует опираться не только на компонентные и ассоциативные характеристики заданных интервалов, но и на характеристики их позиции в разрезе всего комплекса слоев, возникших в фосфоритонакопляющем бассейне. Общее определение такого

комплекса формально
Разделение «фосфоритовых
Для рассматриваемых
рий Азии фосфоритовосе
тельно определены как «сво
кембрийского или рифей
и рифей образуют един
скую и кембрийскую част
нестабильной зоне) выр
го, выдержанные в богат
лагаться в нижней его ч
плече».

«Симметричность», т. е. раз
сти, разных «плечей» выдел
для маломощных толщ, отсут
зонах, гораздо более стабиль
тае-Саянская и Тувано-Мон
(стратиграфически) имеют
уровни в пределах геосинклина
ше вероятность того, что на
качеству. В средних же зонах
грессивные, так и регрессив
фосфоритов вследствие более
конакопления на эти ступени

Фосфориты АСБ отпадают
от фосфоритов нижнего
на «регрессивном плече» и
находится выше нежизни
комплекса на 2—2,5 км и
ровались в более выветрив
и перестраивающегося бассей
на фоне непрерывных разрыв
его верхней трети терригенн
мывов. В этих условиях вы
ли быстрые и неуравновешен
рассредоточению в обширн
централей. В АСБ, выделен
перспективным нежелателен
который здесь недостаточен

Кроме того, выделены
ные руды АСБ (а также Даван
щие особенности:

- 1) неправильная, неровная, но фосфатных выделений в толще руды стратифицированы в смысле
- 2) отсутствие четкой границы вмещающими породами.

формой обладают залежи фосфоритов занимают положение, что в разрезах областей фосфориты переходят в карбонаты, следовательно такого комплекса в залежи фосфоритов разделены в верхних карбонатных

верхнемеловые — Нижние карбонаты, то продуктивные разрезы, у которых в последнем случае мы, в истории бассейна. Позиционно сближены от пермских фосфоритов мощности нижних уровней, например мощных кремнистых пород данной зоны бассейна, которые в

касаясь, можно найти в статье богатые пластовые карбонатноугольные — к регрессивным профилю через один в принципе повторяет

фосфориты фосфоритов. Поэтому в их последовательности или нет особенностей. Характеристической особенностью следует отметить их по характеру возникших в фос-

комплекса формально вызывает те же трудности, что и определение «фосфоритоносной формации» [50, с. 186—190]. Для рассматриваемых районов Сибири и смежных территорий Азии фосфоритоносные комплексы могут быть приблизительно определены как «существенно карбонатные комплексы кембрийского или рифейского возраста». Там, где кембрий и рифей образуют единый карбонатный комплекс, рифейскую и кембрийскую части его следует оценивать отдельно.

Если оценивается весьма мощный (т. е. отложенный в нестабильной зоне) карбонатный комплекс, то, вероятнее всего, выдержанные и богатые фосфорные руды будут располагаться в нижней его части — на его «трансгрессивном плече».

«Симметричность», т. е. равноценность фосфоритоносности, разных «плечей» комплексов имеет место в основном для маломощных толщ, отлагавшихся в очень стабильных зонах, гораздо более стабильных, чем геосинклинальные Алтае-Саянская и Тувино-Монгольская области. Но чем далее (стратиграфически) отстоят друг от друга фосфоритоносные уровни в пределах геосинклинального комплекса, тем больше вероятность того, что они будут сильно различаться по качеству. В средних же зонах мощных комплексов как трансгрессивные, так и регрессивные уровни близки по качеству фосфоритов вследствие большей стабильности режима осадконакопления на этих этапах развития.

Фосфориты АСБ относятся к верхнему уровню в отличие от фосфоритов нижнего уровня ХБ. Первые сформировались на «регрессивном плече» карбонатного комплекса, которое находится выше нижнего, «трансгрессивного плеча» этого же комплекса на 2—2,5 км по разрезу. Фосфориты АСБ формировались в более спокойной обстановке сокращающегося и перестраивающегося бассейна, что выразилось в появлении на фоне непрерывных разрезов карбонатного комплекса в его верхней трети терригенных и вулканогенных пачек, размытых. В этих условиях зоны фосфатонакопления испытывали быстрые и неупорядоченные перемещения, приводящие к рассредоточению и обеднению возникающих фосфатных концентраций. В АСБ, видимо, как и в ХБ, должен быть более перспективным нижний уровень рифейского комплекса, который здесь недоступен наблюдению.

Кроме того, выявленные кембрийские осадочные фосфорные руды АСБ (а также Дальнего Востока) имеют следующие особенности:

1) неправильная, нередко причудливая форма собственно фосфатных выделений в пределах «пластовых» тел, которые стратифицированы в самой общей форме;

2) отсутствие четких границ между рудными телами и вмещающими породами;

3) незначительные размеры рудных залежей, низкое в массе качество руд;

4) рудные тела и мелкие выделения неравномерно рассеяны в широком интервале стратиграфического разреза;

5) типично оолитовые и пеллетные структуры фосфатного вещества редки, преобладают афанитовая, тонкокристаллическая структуры, фосфатное вещество значительно пигментировано углеродистым материалом (органикой?);

6) в рудных телах практически отсутствуют текстуры, несомненно порожденные движущейся водой, хотя прочие признаки указывают на мелководность зон фосфатонакопления;

7) фосфатные скопления чаще всего находятся между литологически разнородными образованиями, причем определенных выводов о составе подстилающих и покрывающих пластов сделать пока нельзя;

8) фосфатные скопления наследуют текстуры вмещающих пород (брекчиевые, водорослевые, слоистые).

Исходя из перечисленного, можно заподозрить, что фосфатное вещество некоторых залежей АСБ испытало существенное перераспределение, заместив чем-то благоприятные интервалы. В некоторых случаях — при особенно невыдержанном распределении в небольших размерах — фосфоритовые залежи могут оказаться вообще новообразованными, возникшими за счет ранее редко рассеянного в отложениях фосфата.

СРАВНЕНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ РАЗМЕЩЕНИЯ ПЛАСТОВЫХ ФОСФОРИТОВ И СТРАТИФОРМНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ

Как известно, существует обширная группа месторождений меди, свинца и цинка, а также других полезных ископаемых (например, флюорита, барита), которые отличаются от типично магматогенных (точнее — эндогенных) месторождений пластообразной формой залежей. Для многих таких месторождений, называемых стратиформными, не удается установить причинную связь с магматическими очагами или с процессами вулканизма. Однако отсутствие примеров современных накоплений цветных металлов на дне морей и океанов, а также существующие представления о возможности их растворения, переноса и осаждения порождали попытки объяснить возникновение подобных залежей в первую очередь за счет процессов, прямо связанных с деятельностью глубин-

С появлением факта, гипотезе, последняя была признана основной. В дальнейшем накопление доминирующих пластовых руд связано с особенностями строения рудовосстановительных зон. Чаще обращаются к гипотезе, согласно которой накопление металлов на дне морей и океанов происходит в процессе диагенеза и метаморфизма.

В начале пятидесятых годов была выдвинута оригинальная гипотеза, согласно которой ряд рудных месторождений прямой связи с магматическими за счет переотложения рудных веществ «морфическим» способом. Работы в этой области ведутся особым привлекательным образом. Среди геологов, приверженцев «морфических» положений в последние годы возросла возможность перемещения металлов в геологической истории.

До сегодняшнего дня в литературе по вопросам гидротермальных месторождений стратиформных залежей опубликовано не так много работ, особенно интересных нас аспекты [107, 108, 124].

Как гидротермальные, так и стратиформные залежи сталкиваются с противоречиями. В последние годы стали появляться указания на возможность решения проблемы происхождения стратиформных залежей руд с помощью спективных. Процесс образования стратиформных залежей представляется гораздо более сложным, чем в традиционной связи между рудными месторождениями и верхностными источниками металлов («гидротерм» и т. д.). В последние годы появились принципиально новые представления о концентрации рудных веществ в гидротермально-сигнетической обстановке. Необходимо учитывать все процессы, протекающие в геологическом пространстве, в частности

залежей, низкое в

неравномерно рас-

структуры фосфатного
тонкокристалли-
значительно пигмен-

текстуры, не-
хотя прочие при-
фосфатонакопления;
находится между ли-
причем опреде-
покрывающих

текстуры вмещающих

предположить, что фос-
испытало существ-
то благоприятные
особенно невыдержан-
фосфоритовые
возник-
в отложениях фос-

ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ФОСФОРИТОВ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

группа месторожде-
полезных иско-
которые отличаются
ценных) месторож-
Для многих таких
не удастся
очагами или
примеров сов-
двух морей и оке-
о возможности
предложили попытки
в первую очередь
глубин-

С появлением фактов, противоречащих гидротермальной гипотезе, последняя была дополнена понятием о телетермальных (телемагматических) месторождениях. Но по мере дальнейшего накопления данных о строении и составе месторождений пластовых руд цветных металлов, по мере изучения строения рудоносных районов исследователи стали все чаще обращаться к игнорировавшимся ранее высказываниям об осадочном образовании таких руд. Стала распространяться гипотеза, согласно которой основной рудогенез является накопление металлов на дне водоемов вместе с массой породообразующих веществ, а собственно руды формируются впоследствии, при перегруппировке рудного вещества в процессе диагенеза и последующих преобразований, включая метаморфизм.

В начале пятидесятых годов текущего столетия была выдвинута оригинальная гипотеза Г. Шнейдермана [147, 148], согласно которой ряд рудных месторождений, не обнаруживающих прямой связи с магматическими очагами, возник за счет переотложения рудных компонентов более древних месторождений с помощью безрудных терм — «сипино-метаморфическим» способом. Работы Г. Шнейдермана, не пользующиеся особым признанием, по крайней мере среди советских геологов, привели, однако, к пересмотру многих «очевидных» положений и позволили осознать значительные возможности перемещений веществ осадочной оболочки в ходе геологической истории.

До сегодняшнего дня продолжают дискуссии о возможностях гидротермального или сингенетичного происхождения стратиформных залежей цветных металлов. Соперники из нескольких последних работ, обобщающих практически все интересующие нас аспекты данной темы [12, 27, 70, 71, 106, 107, 108, 124].

Как гидротермальная, так и чисто осадочная гипотезы сталкиваются с противоречиями. Поэтому в последние время стали появляться указания на то, что попытка альтернативного решения проблемы происхождения стратиформных месторождений руд с методологической точки зрения малоперспективны. Процесс образования месторождений теперь представляется гораздо более сложным, чем по схеме непосредственной связи между рудным телом и глубинными или поверхностными источниками в виде «очагов», «клар выветривания», «гидротерм» и т. п. Возникает предположение о принципиально иных и комплексных способах интеграции и концентрации рудных веществ, выходящих за рамки гидротермально-сингенетичной альтернативы. О необходимости учитывать все процессы, когда-либо затронувшие область геологического пространства, в которой находится залежь, а не принимать наиболее поздние процессы преобразования за

полный процесс формирования месторождения говорил еще Г. Шнейдерхейн [148]. В этом аспекте ведутся работы, участвующие, например, перемещения веществ в метаморфогенезе [47, 129 и др.]. Статья [151] заключена такой фразой: «Различия между «сингенезом», «эпигенезом» и «гидротермальностью» становятся бессмысленными в свете несомненной сложности происхождения месторождений массивных колчеданных руд, содержащих различные количества цветных металлов».

Сходная точка зрения высказана Г. Б. Наумовым [100], который, рассматривая в логическом аспекте проблему рудообразования, отмечает, что теории, опирающиеся на понятие об источнике рудного вещества, имеют аксиоматический характер, а проверка истинности аксиом, как известно, лежит за пределами данной теории (с. 107). Опираясь на известный «принцип разнотия и единства» и привлекая идею В. И. Вернадского о геологических циклах, Г. Б. Наумов показывает, что абсолютное деление процессов на первичные и вторичные исчезает (с. 111) и что концентрация рудных элементов может усложняться на весьма различных стадиях геологической истории (с. 113). Из изложенного можно сделать вывод о том, что залежь рудного компонента представляет собой не застывший результат серии процессов, протекавших между весьма источниками — залежь, а состояние данной области геологического пространства.

Обращаясь к гипотезам образования фосфоритов, мы вроде бы не видим поводов для тех разногласий, которые терзают процесс выработки теории образования пластовых руд цветных металлов. Пластовые фосфориты единодушно считаются первично осадочными. Однако и здесь неоднозначны толкования источника фосфора, способа осаждения и переноса; неравнозначна оценка возможностей перераспределения. Факты, противоречащие представлениям о механизме осаждения частиц, распределения вещества по бассейну и возможностях транспортарова к местам осаждения, вызвали к жизни вулканогенно-осадочные гипотезы образования фосфоритов (см. работы К. К. Зеленова, И. В. Хворовой, Н. Г. Бродской, М. Н. Ильинской и др., в том числе и автора), которые фактически являются модификациями телетермальной гипотезы рудообразования.

По сути дела, в области изучения фосфоритовых месторождений преинтервенция конденсаций имеет место, как и в теории образования пластовых руд цветных металлов; только она обладает своей спецификой (отсутствуют высказывания о непосредственной связи с магматическими очагами). В последнее время возникла тенденция считать фосфориты «полигенными», точно так же как многие стратиформные месторождения металлов теперь называют «полигенными и

полихронными». Такая точка зрения прогрессивна, ибо относится к процессу, который является неуязвимой, или же просто зачислит к калыхных.

Отсутствие даже минимальных стратиформных осадочных фосфоритов в современных обстановках исключает возможность фосфатов в осадках и горных породах. Наличие фосфатов в осадках и горных породах — следствие первичного постседиментационного формирования соединений и, наконец, фосфатов примеси или мелких соединений. В этих случаях приводят к мысли о том, что фосфатового типа могли бы возникнуть в результате формирования фосфатов с выделением в пространстве подобно стратиформным.

Считается, что существование значительного свидетельствует в пользу рудных залежей: наличие в осадках и горных породах фосфатов, протяженность рудных залежей и «ритмичным» характером. Это изложено в разделе «Гипотезы образования вмещающих пород», в котором относятся крайне предостерегающе к внимательному изучению фосфоритов. В самом деле оказались рудными поясами и т. п. происхождения. Многие метасоматически замещенные фосфориты замещенным включением фосфора. Отложения содержат галит, калий, кальций и т. д.), но возникшие в результате древних образований. Сложные фосфориты, кремневой, фосфатной и т. д.

С другой стороны, высказывания, которая устанавливает наличие фосфоритовых пачек и вмещающих пород. Да и не только этих, а также и фосфоритов, которые основаны на наблюдении фосфоритового рудного вещества. С этим связано стратиформных месторождений фосфоритов в статье [139].

Утверждение об интервенции конденсаций интересно иллюстрировать на примере телетермального замещения рудным веществом.

рождения говорил еще
ведутся работы, учи-
ществ в метаморфогенезе
такой фразой:
«гидротермическим» и «гидротермическим»
в свете несомненных
массивных
количества цвет-

Г. Б. Наумовым [100],
проблему рудообразования
на понятном аксиоматическом
как известно, логично (107).
Опираясь на идею и привлекая идею
Г. Б. Наумов
на первичные концентрации рудных
различных стадиях
можно сделать предположение
представления процессов, протекающих
а состоянии

фосфоритов, мы
разногласий, которые
образования пластовых
фосфориты единодушно
и здесь неоднозначно
осаждения и перераспределения
о механизме
по бассейну и
осаждения, вызванного
гипотезы образования
И. В. Хворовой,
в том числе и авторскими
модификациями телетер-

фосфоритовых месторождений
место, как и в
металлов; только
высказывания
очагами).
считать фосфориты
стратиформные
«полигенными и

полихронными». Такая точка зрения вполне понятна, но мало прогрессивна, ибо относится к гипотезам типа ad hoc: или является неуязвимой, или позволяет объяснять любую ситуацию, или же просто зачисляет месторождения в разряд уникальных.

Отсутствие даже миниатюрных залежей сплошных пластовых осадочных фосфорных руд при всем разнообразии современных обстановок осадкообразования, высокая подвижность фосфатов и ассоциирующей с ними компоненты (карбонатов и кремнезема, а также органического вещества) в осадках и горных породах, данные о возможности существенного постседиментационного перераспределения этих соединений и, наконец, довольно широкое распространение примеси или мелких скоплений фосфата в осадочных отложениях приводят к мысли о том, что залежи фосфоритов пластового типа могли бы возникать и путем мобилизации и стягивания фосфатов с некоторого объема геологического пространства подобно стратиформным металлическим рудам.

Считается, что существуют два явления, которые одновзначно свидетельствуют в пользу сингенетического образования рудных залежей: наличие у руд признаков сортирующей деятельности моря (обломков рудного вещества) и значительная протяженность рудных пластов вместе с «финальным» и «ритмичным» контролем. Однако в свете того, что было изложено в разделе «Преобразования фосфоритов и фосфатомещающих пород», к критерию «наличие обломков» следует относиться крайне придирчиво. Породы, которые даже при внимательном изучении представляются обломочными, могут на самом деле оказаться результатом карбонатизации, окремнения и т. п. процессов. Обломки руд могут оказаться метасоматически замещенными обломками пород, подобно замещенным включениям фауны. Возможны случаи, когда отложения содержат гальку искомого состава (рудного, кремневого и т. д.), но возникшую за счет размыва гораздо более древних образований. Особенно это касается карбонатной, кремневой, фосфатной гальки.

С другой стороны, высокая избирательность процесса замещения, которая устанавливается при изучении фосфоритоносных пачек и вмещающих их кремнисто-карбонатных толщ, да и не только этих, а многих других объектов, решительно обесценивает и те доводы в пользу сингенетичности руд, которые основаны на наблюдениях осадочных текстур в самом рудном веществе. С этих позиций вопросы происхождения стратиформных месторождений критически разобраны в статье [139].

Утверждение об избирательнейшем проложении метасоматоза интересно иллюстрировать не только многочисленными примерами избирательного замещения рудным веществом (даже кинозаром! [107]) биоморф-

ных компонентов, но в случае (более грубым относительно замещения в природе) обработки изобитного образца плавиковой кислотой, когда «кальцит различных компонентов полностью заместился фтористым кальцитом с сохранением всех тончайших деталей строения и т. д.» (169), т. II, с. 43. Работы мек.—Э. Е.). То же самое можно сказать и о приуроченности рудной минерализации к «определенным фациям», к «определенным элементам осадочных ритмов». Эти элементы геологического пространства, видимо, всего лишь обладают некоторыми особенностями, которые «предпочитает» метасоматоз. Выявить эти особенности человеку, даже вооруженному приборами, далеко не всегда возможно. Аналогично мы пока бессильны объяснить, например, почему конкрецииобразование охватывает именно этот, а не иной слой или какие-то определенные участки в пределах «свершило однородного» слоя. Отдельные стяжения, возможно, могут избирать себе место даже случайно, но эта случайность является таковой лишь на уровне однозначного детерминизма. Так, срыв лавины может возникнуть от изющества на первый взгляд сильно различающихся конкретных причин, вызывающих одно и то же следствие — нарушение равновесия, а каждая из них — в определенном аспекте — может рассматриваться как случайность.

Наконец, рассматривая в качестве источника рудного вещества всю массу горных пород, окружающую некоторый геохимический уровень, и допуская один и тот же механизм концентрации (диффузионный, катагенетический или метаморфический), мы уже не можем сослаться на протяженность рудных залежей как на аргумент в пользу их «сингенетичности». Этот аргумент действует лишь против априорного утверждения о точечном или линейном характере источника. Однако и здесь переход на «чисто осадочную» концепцию рудообразования может оказаться преждевременным. Насыщение рудным веществом отдельных горизонтов на большой площади даже из линейного источника тоже вполне возможно представить. Грубо говоря, это то же самое, что ввод флюидов в пласт инъекционными скважинами, расположенными в линию. Практика показывает, что таким образом удается затронуть довольно значительные площади пласта. В природе роль рядов инъекционных скважин могут выполнять системы разломов, и, что главное, такие системы действуют несоизмеримо дольше и качественно иначе. Поэтому, в общем плане, стратиформные месторождения могут быть приуроченными к крупным, скажем вытянутым, полям, «орошаемым» системой разломов. Но распределение рудных элементов внутри полей полностью будет определяться особенностями состава и структуры осадочной толщи.

Принципиально не очень важно, на каком этапе геологической истории действовал подобный механизм. Он мог действовать и в период осадконакопления, подобно выходам горячих рассолов, обогащенных металлами в рифтовой зоне Красного моря [181], где создана повышенная металлоносность в некотором стратиграфическом интервале осадков.

вать в уже сформированной пачке и т. д., несмотря на то, что играть роль впитывающих «сающихся» с зоной поступления тив последнего утверждения повышенной проницаемости того, что в разрезе, по представлениям Дователя, имеются еще «более более активные» — для данного ном случае, вопреки всему, например, [107, с. 8]). Там, чем навязывание природы ей следует себя вести, какие законы. Не учитываются, например, вод в естественной обстановке.

Надо сказать, что в «фитильных» свойствах к подобного рода дискам не может быть и дискам. Заметим, что зоны «пропитки» ных горизонтов формируются области выходов соответствующей особенно в складчатых областях, поверхность чаще всего тельство способно сильней стей «пропитки» или областей (например, метаморфизма) му полос. Подобные протяженных месторождений. тных залежей (на уровне ется всем особенностям широком плане сами зонально (см., например, месторождений необходимости отмечена в [139].

Здесь мы, однако, куляций. Коррелировать в фундаменте осадочного тым вопрос о том, может ский смысл. Идеи о разломами высказывались и Н. Г. Бродской [18, 19]. лежей может вызываться физическими особенностями ствии, в какой-то мере,

вать в уже сформированной толще, где отдельные горизонты, пачки и т. д., несмотря на их деформированность, могли играть роль впитывающих «фитилей», одним краем соприкасающихся с зоной поступления растворов. Возражения против последнего утверждения обычно сводятся к отрицанию повышенной проницаемости рудовосных пачек на основе того, что в разрезе, по представлениям того или иного исследователя, имеются еще более благоприятные — «химически более активные» — для замещения горизонты, которые в данном случае, вопреки всему, оказались незамещенными (см., например, [107, с. 8]). Такие утверждения, однако, не более чем навязывание природе наших представлений о том, как ей следует себя вести, какими должны быть геохимические законы. Не учитываются даже некоторые уже известные данные, например, о совершенно иной активности природных вод в естественной обстановке [11].

Надо сказать, что и высказанное выше предположение о «фитильных» свойствах отдельных горизонтов тоже относится к подобного рода догадкам. Однако — что главное! — оно не может быть и дискриминировано отрицательным способом. Заметим, что зоны «пропитки» известными веществами отдельных горизонтов формаций могут полностью соответствовать области выходов соответствующей толщи на поверхность, особенно в складчатых областях, где выходы отложений на поверхность чаще всего имеют вид узких полос. Это обстоятельство способно сильно замаскировать зональность областей «пропитки» или областей соответствующих изменений (например, метаморфизма), которые тоже могут иметь форму полос. Подобные концепции сейчас возникают и для нефтяных месторождений. Выявляется, что распределение нефтяных залежей (на уровне изучения пластов пород) подчиняется всем особенностям строения осадочной толщи, а в более широком плане сами залежи оказываются распределенными зонально (см., например, [10, 101]). Для стратиформных месторождений необходимость учитывать подобные явления отмечена в [139].

Здесь мы, однако, вступаем в область простора для спекуляций. Коррелировать залежи с распределением разломов в фундаменте осадочного чехла можно. Но остается открытым вопрос о том, можно ли придавать этой связи генетический смысл. Идеи о связи фосфоритовых месторождений с разломами высказывались, например, В. Л. Либровичем [85] и Н. Г. Бродской [18, 19]. Но зональность размещения залежей может вызываться такими первичными палеогеографическими особенностями бассейнов, которые лишь впоследствии, в какой-то мере, определяли ход постседиментационных процессов. Все это — область очень ненадежных догадок, которые во многом направляются субъективному вкусу.

ниями, а возможности проверки истинности данных выводов выходят за пределы современных возможностей. В нашей компетенции остается устанавливать связи между свойствами исследуемых объектов, выражая их вначале не в генетических, а в структурно-вещественных терминах, и определять пределы доверительности такой корреляции.

С этих позиций фосфоритовые месторождения обнаруживают закономерности, довольно сходные с закономерностями распределения стратиформных залежей цветных металлов. Подробный обзор особенностей пластовых месторождений свинца, цинка и отчасти меди дал М. М. Константинов [71]. Более краткий, но содержательный обзор гипотез образования стратифицированных месторождений свинца и цинка в карбонатных породах сделан Ф. И. Вольсоном и В. В. Архангельской [27]. М. М. Константиновым отстаивалась точка зрения первично осадочного способа доставки рудных компонентов в толщу наслоений и допускалось последующее их перераспределение в раннем и позднем диагенезе. Два других упомянутых автора придерживаются ориентации на глубинные источники. Сравним обобщения обеих сторон с характеристиками фосфоритовых месторождений.

Сходным является региональная распространенность рудных компонентов в рассеянном виде — на сотни километров по простирацию вмещающих отложений — как для металлов, так и для фосфатов.

Как и фосфориты, основная масса известных пластовых руд свинца и цинка связана с карбонатными толщами. Металлоносные пачки, в общем, занимают промежуточное положение между терригенными толщами и соленосными, иногда между двумя соленосными. Руды рассматриваемых металлов располагаются обычно в основании карбонатной толщи, непосредственно ниже которого следует терригенная толща (песчаники), чаще всего пестроцветная. В верхах подстилающей терригенной толщи нередко имеется медная минерализация.

Связь фосфоритов с соленосными толщами, которая видна главным образом в латеральных рядах, примером чему являются отложения пермского бассейна США, и в том, что «эпохи фосфатонакопления непосредственно предшествуют периодам интенсивного галогенеза, захватывая иногда первые стадии последнего» [93], может быть принята только в очень общем виде, как говорится, в «региональном аспекте». Залежи руд металлов обнаруживают более тесную связь с соленосными толщами. Однако признаки начальной стадии осолонения бассейновых вод — показатель возможности обнаружения и фосфора, и металлов.

Палеогеографическая характеристика рудовмещающих пачек, по М. М. Константинову, заключается в следующем.

Руды отлагались в проливах), в прибрежных

ибо понятие о затоплении во впадинах на дне морей и частых перемещениях, теплом и влажностью, тельной удаленности хангельская замечает, но определить место за 2—3 десятка километров

Сказанному о осейнов близко осадочного осаждения. Для характерной ответственной части можно, и значительный климат с быстрой и что рудовосный той состава Многие рудные родными одного и того же

Зоны металлоносных отличаются осадочностью. Это осадочное претировавшиеся как могенных пород, щения рассеянного

Все эти косвенные стик металлоносных многом сходны с мечено, что металлы ассоциируют с шенное количество окремнения (в том

Металлы в первую Если толща известняковая, доломитовые, а затем жайшие к доломитам. в углеродистых натных породах, свинец или цинк проводятся, когда ет фосфат), брекччатых бонатах, известняках

известности данных выводов
возможностей. В нашей
связи между свойствами
не в генетиче-
терминах, и определять

месторождения обнаружи-
с закономерностями
цветных металлов.
месторождений
К. М. Константинов [71].
гипотез образова-
свинца и цинка в
Вольфсоном и В. В. Ар-
отставалась точка
заставки рудных ком-
последующее их
двугенезе. Два дру-
ориентации на глу-
обих сторон с ха-
рактерней.

распространенность руд-
— в сотни километров
— как для металлов,

известных пластовых
толщами. Ме-
промежуточное по-
и соленосными, иног-
карбонатных метал-
карбонатной толщ.
терригенная толща
В верхах подстила-
медная минера-

толщами, которая вид-
примером чему
США, и в том, что
предшествуют
иногда первые
только в очень
аспекте». За-
связь с соле-
стадии осо-
возможности обна-

рудовмещающих
в следующем.

Руды отлагались в мелководных заливах (частный случай — в проливах), в прибрежной части бассейнов (что то же самое, ибо понятие о заливах определяется через береговую линию), во впадинах на дне, рядом с выровненной сушей, при быстрых и частых переменах климатической обстановки (в жарком, теплом климате с периодами аридизации), при относительной удаленности от суши. Ф. И. Вольфсон и В. В. Архангельская замечают, что в тех случаях, когда удается точно определить место берега палеобассейна, он оказывается за 2—3 десятка километров от залежи.

Сказанному о палеогеографии металлоосаждающих бассейнов близко соответствуют характеристики зон фосфатоосаждения. Для последних (см. табл. 2) также считается характерной заливообразная (проливнообразная) форма соответственной части бассейна, мелководье, некоторая, а возможно, и значительная, удаленность от берега, теплый (жаркий) климат с признаками аридизации. Высказывание о частой и быстрой смене климата надо интерпретировать как то, что рудоносный интервал разреза характеризуется пестротой состава слоев, сгущением решетки геологических границ. Многие рудные залежи залегают по контактам между разнородными пластами (в том числе разнородными в пределах одного и того же класса).

Зоны металлоосаждения, как и зоны фосфатоосаждения, отличаются относительно слабой тектонической подвижностью. Это условие, обеспечивающее беспрепятственное осаждение рудного вещества, с другой стороны, может интерпретироваться как условие осаждения тонкозернистых и хемогенных пород, благоприятных для мобилизации и перемещения рассеянного материала.

Все эти косвенные показатели выводятся из характеристик металлоносных и вмещающих их пород, последние во многом сходны с таковыми в фосфоритносных пачках. Отмечено, что металлы концентрируются в таких породах или ассоциируют с такими породами, которые содержат повышенное количество органического углерода и несут признаки окремнения (в том числе желвакового).

Металлы в первую очередь концентрируются в доломитах. Если толща известняковая, рудоносными прежде всего будут доломитовые, а затем уже известковые интервалы, но ближайшие к доломитам. Очень часто металлы концентрируются в углеродистых доломитах, углеродисто-кремнисто-карбонатных породах, карбонатах с водорослевой текстурой (водоросли никак нельзя заподозрить в том, что они выделяют свинец или цинк по аналогии с теми рассуждениями, которые проводятся, когда с водорослевыми карбонатами ассоциирует фосфат), брекчиевых (в том числе брекчированных) карбонатах, известняках-ракушечниках, глинистых сланцах и

известковых песчаниках, карбонатах с оолитовой структурой и т. п., словом, в углеродистых породах или в породах, имеющих густую сеть внутренних (текстурных) границ.

Руды свинца и цинка часто имеют оолитовую, пеллетную и другие метакolloидные и колломорфные, а также полосчатые структуры и текстуры. В [27] напоминает, что подобные структуры не всегда показатель осадочного происхождения.

Все перечисленное характерно и для фосфоритовых залежей. Сходство продолжается и в том, что как фосфатоносные, так и металлоносные пачки доломитизированы (окварцевание уже упоминалось), баритизированы, хлоритизированы, содержат примеси флюорита, гематита. Отметим, что на Юлинском фосфатопроявлении Батеневского кряжа (Красноярский край) вблизи (по разрезу и на местности) от фосфатоносных слоев геологами Красноярского геологуправления найдены баритовые слоистые тела мощностью в несколько метров, хотя и незначительной протяженности.

Тела руд металлов, как и многие фосфоритовые тела, при детальном рассмотрении часто не имеют четко выраженных петрографических границ и наряду с этим имеют лентообразную, линзообразную и сложную, извилистую («метасоматическую») форму.

Можно продолжать сравнение и привести также данные о многочисленных отличиях пластообразных залежей свинцово-цинковых, ртутных и других руд от фосфоритовых. Однако ограничимся сказанным. Суть дела в том, что при значительном различии свойств природных фосфатов и соединений тяжелых металлов некоторые общие закономерности размещения их месторождений оказываются довольно сходными, несмотря на то, что пространственно и стратиграфически руды эти обычно разобщены.

Ф. И. Вольфсон и В. В. Архангельская пришли к заключению о том, что гидротермальная гипотеза формирования пластообразных свинцово-цинковых залежей в карбонатных толщах пока более обоснована, чем чисто осадочная. Тем, кто изучает фосфоритовые месторождения, следует на это обратить внимание, ибо очень часто характеристики залегания, текстуры и структуры руд, имеющих неоднозначную трактовку, воспринимаются исключительно как показатели осадочности.

Пространственное несовпадение месторождений фосфоритов и металлов при сходстве ряда закономерностей их размещения может говорить о том, что, по-видимому, эти («палеогеографические») закономерности не имеют прямого отношения к вопросу об источнике руд. Они определяют только возможности концентрации вещества в залежи и возникают позже отложения рудовмещающих толщ. Так, пропитка нефтью кварцевого песчаника не может объясняться

связью нефть ↔ кора выветривания. Скорее всего, это фид, смешанные, скарпы, которые не имеют прямого отношения к материалу, но все три являются результатом перемигрирования «геохимическую депрессию» рудоносные формации или «парагенезисы» или «равнодействующие» разноранговых причин. Так и не удалось выделить причину возникновения и размещения рассматриваемого поселения, которое, вероятно, связано с застройкой сегоднешней территории. Г. Шнейдерхёна: «Почти всегда, когда из современного представления о вещах увидит, как освещаются различные разнообразные области изучения» [148, с. 94]. Наличие в этих словах выражения «выделения из запутанной истории» и «основной ясной линии» указывает на то, что, вероятно, являлось ему возможным выделить детали, которыми руды отличаются, малые, часто незначительные, но действующие в определенных условиях во многих случаях так или иначе связанные с этими минералами, что приводит к мере затушевывается и что является образованием (от слабых движений метаморфизма) способом формирования и содержания.

Все это в полной мере относится к выем месторождениям, к форменным зонам. Эти области, мы компонентами и местами местами напряженный процесс.

По-видимому, особенно среди металлов в определенной мере утеряны связи, ведущие к занимательному процессу, образованными. Такими являются, флюоритовые, высокая мобильность фосфатов и соединений в постседиментационных в сходстве закономерностей в том, что при выветривании

с оситовой структурой
или в породах, име-
(ных) границ.

оситовую, пеллетную
формы, а также полосча-
ется, что подоб-
происхождения.
для фосфоритовых зале-
как фосфатонос-
тированы (оквар-
хлоритизирова-
Отметим, что на
кряжа (Красно-
местности) от фосфа-
геологоуправления
в несколько
ности.

фосфоритовые тела, при
четко выраженных
имеют лентооб-
 («метасома-

также данные
залежей свин-
фосфоритовых. Од-
том, что при зна-
фосфатов и соедине-
закономерности
довольно сходны-
и стратиграфически

пришли к заключе-
формирования
в карбонатных
осадочная. Тем,
следует на это
характеристики залега-
неоднозначную трак-
показатели оса-

рождений фосфори-
ностей их раз-
этому, эти («па-
имеют прямого
Они определя-

связью нефть ↔ кора выветривания. Аналогично фосфат и сульфид, смешанные, скажем, с углеродистым материалом, могут не иметь прямого отношения друг к другу и к углеродистому материалу, но все три компонента окажутся сонаходящимися в результате перемещения их в какую-то благоприятную «нишу» геологического пространства, например в трещинку, «геохимическую депрессию» и т. п. В итоге так называемые «рудоносные формации» показывают не прямые «генетические» или «парагенетические» связи, а, образно говоря, являются «равнодействующей» множества разнообразных и разноранговых причин. Так же трудно, скажем, по совокупности и размещению современных городских ансамблей определить причину возникновения и контуры того первого поселения, которое, разрастаясь и перестраиваясь, привело к застройке сегодняшнего дня. Здесь уместно привести слова Г. Шнейдерхёна: «Почти каждый может прийти в отчаяние, когда из современного представления о рудных месторождениях увидит, как основательно он должен быть сведущ в разнообразных областях знаний, необходимых для их изучения» [148, с. 94]. Называя себя «старым оптимистом», автор этих слов выражал твердую надежду на возможность выделения из запутанной истории становления месторождений «основной ясной линии событий». Однако это представлялось ему возможным лишь в случае пересмотра многих деталей, которыми ранее пренебрегали. Он писал: «Очень малые, часто незначительные и совсем не катастрофичные, но действующие в течение миллионов лет факторы могли во многих случаях так преобразовать весьма мобильные рудные минералы, что первичное состояние их в значительной мере заглушается» и что поздние стадии процесса рудообразования (от слабого диагенеза вплоть до значительного метаморфизма) способны видоизменять месторождения по форме и содержанию (там же, с. 95).

Все это в полной мере относится к древним фосфоритовым месторождениям геосинклинальных и подвижноплатформенных зон. Эти объекты сложены еще более подвижными компонентами и залегают в древних толщах, испытавших местами напряженный региональный стресс.

По-видимому, существуют также фосфатные концентрации, особенно среди мелких по размерам, которые или в значительной мере утратили «первоначальный» облик, или по отношению к занимаемому ими пространству являются новообразованными. Таковы и соседние с ними кремневые, баритовые, флюоритовые, наконец, доломитовые тела. Значительная мобильность фосфатов и других перечисленных соединений

дений целесообразно в определенной мере опираться на материалы по истории формирования фосфоритовых и подобных им (кремневых, флюоритовых, доломитовых и др.) тел. Проблема стратиформных месторождений в своей значительной части пересекается с проблемой «регионального эпигенеза» (катагенеза), заключающейся в выяснении законов постдиagenетического перераспределения вещества в осадках и горных породах. Фосфатное вещество крупных залежей амагматичных регионов с большой обоснованностью можно рассматривать только как изначально осадочное. Это сопоставление позволило бы ввести в данную проблему ряд уточнений, наметить более правильные пути создания общей теории рудообразования и преодолеть зашедшие, как представляется, в тупик попытки решения (для руд металлов) извечной альтернативы: гидротермальные или сингенетичные?

О СОВРЕМЕННЫХ ФОСФОРИТАХ

Под «современными фосфоритами» понимаются скопления кальциевых фосфатов на дне морей и океанов. Фосфатоносные донные осадки чаще всего встречаются в областях морского шельфового мелководья. Что касается фосфатных зерен и более крупных стяжений, обнаруженных на больших глубинах, то есть оснований считать их аллохтонными.

Значительная часть фосфатных обособлений в современных осадках вовсе не «современна», а имеет неогеновый (миоцен) и поздннеогеновый (плиоцен) возраст. Реже встречаются фосфатные конкреции с включениями четвертичных фораминифер [90, с. 89]. Однако недавно обнаружены не твердые, а гелеобразные фосфатные конкреции; возраст их в геологическом масштабе можно считать современным [6].

Распространены современные фосфориты довольно широко: Южная и Северная Америка, Африка, Австралия, Юго-Восточная Азия, Аравийский п-ов, Индия, Новая Зеландия, Мадагаскар, Тасмания, Пиринейский п-ов и др. [26, 179, 180 и др.].

Чем могут помочь данные о фосфатных скоплениях в осадках на дне современных бассейнов решению проблемы фосфоритообразования и прогнозирования фосфоритов?

Прежде всего, как будто подтверждается вывод о постоянной приуроченности первичных фосфоритов исключительно к мелким водам (50—300 м). Но все же требуется более полное доказательство того, что фосфатные образования с больших глубин (до 3800 м, см. [90, с. 82]) действительно смещены туда с более мелких участков дна. Пока можно подозревать, что здесь желаемое выдается за действительное. Можно привести замечание Дж. Мера о том, что большин-

ство объяснений формирования фосфоритов не вообще-то «представляет собой» различные теории образования фосфоритов. Вероятнее всего, фосфатные конкреции образуются в результате

С общих позиций фосфатные конкреции образуются в осадках на дне морей и океанов. Толщина которого [с. 89]. Несмотря на то, что фосфатных конкреций в осадках. Это может быть результатом рудообразования. Фосфатные конкреции образуются в глубине осадочного слоя в результате выщелачивания конкреции.

на этом этапе фосфориты образуются в осадках. Кроме того, в осадках фосфориты образуются в результате выщелачивания фосфата из осадков. Роль фосфоритов в образовании конкреций фосфатов образуют конкреции. Кроме того, в осадках фосфориты образуются в результате выщелачивания фосфата из осадков. Роль фосфоритов в образовании конкреций фосфатов образуют конкреции.

Фосфатные конкреции образуются в осадках. Кроме того, в осадках фосфориты образуются в результате выщелачивания фосфата из осадков. Роль фосфоритов в образовании конкреций фосфатов образуют конкреции.

Рыхлые фосфатные конкреции образуются в осадках. Кроме того, в осадках фосфориты образуются в результате выщелачивания фосфата из осадков. Роль фосфоритов в образовании конкреций фосфатов образуют конкреции.

ство объяснений формирования фосфатных конкреций в океане вообще-то «представляет собой неоправданное перенесение теорий образования фосфатных осадков формации Фосфория применительно к современным морским условиям. Вероятнее всего, однозначного объяснения формирования фосфатных конкреций просто не существует» [90, с. 82].

С общих позиций очень важно то обстоятельство, что фосфатные желваки обнаружены только в самом поверхностном горизонте океанических осадков в виде одиночного слоя, толщина которого не превышает диаметра конкреций [90, с. 89]. Несмотря на многочисленность скважин, пробуренных на дне морей и океанов, пока нет сообщений о встрече фосфатных желваков в более низких стратиграфических горизонтах. Это как будто противоречит тем гипотезам о фосфоритообразовании, согласно которым фосфатные стяжения образуются на стадии диагенеза из иловых вод, т. е. уже в глубине сформированного слоя осадка, на некотором удалении от поверхности раздела вода — осадок. Фосфатные конкреции, обнаруженные в морях, лежат непосредственно на этом разделе, возвышаясь над ним, и поддерживаются в этом состоянии придонными течениями, сносящими побочный материал. Роль именно морских, а не иловых вод в их образовании подчеркивается тем обстоятельством, что часто фосфаты образуют тонкий покров на обнажениях других пород. Кроме того, в некоторых районах фосфатные конкреции периодически обрастают железо-марганцевой коркой или же наслоение фосфата вообще прекращено и сменилось осаждением железа и марганца. Следовательно, фосфатные конкреции иногда прекращают свой рост еще до того, как оказываются погребенными под осадком. К тому же накопление фосфата идет гораздо быстрее, чем осаждение железа и марганца.

Фосфатные конкреции встречаются как в резко окислительной, так и в восстановительной обстановке [90, с. 83]; как среди осадков, обогащенных органическим веществом [4, 5], так и среди илов, содержащих очень небольшое количество органики. Эта их особенность лучше всего объясняется не путем интерпретации физико-химических систем с участием истинных растворов, а стягиванием фосфатов в иле и процессом коагуляции фосфатных коллоидов с избирательной фиксацией коллоидных частиц на активных поверхностях вследствие электростатического притяжения, причем уже сформированные конкреции являются идеальной основой для дальнейшего наращивания [90, с. 81].

Рыхлые фосфатные конкреции образовались путем перераспределения веществ в осадке [6]. Этот вывод позволяет считать, что твердые фосфатные конкреции частично могут

...на ма-
...подобных
...др.) тел. Проб-
...значительной
...эпигенеза»
...законотворчества
...в осадках и гор-
...алежей амаг-
...можно
...осадочное. Это сопо-
...проблему ряд уточ-
...создания общей
...как пред-
...руд металлов)
...сингенетичные?

Фосфоритах

...скопления
...Фосфатонор-
...областях мор-
...фосфатных зерен
...больших глу-
...ными.

...в современ-
...неогеновый
...возраст. Реже встре-
...четвертичных
...обнаружены не
...возраст их
...современным [6].
...довольно широ-
...Австралия, Юго-
...Новая Зеландия,
...и др. [26, 179,

...скоплениях в
...решению проблемы
...фосфоритов?

...вывод о посто-
...исключительно
...требуется более
...образования с
...действительно

...Пока можно
...действительное.
...что большин-

на форма конкреций: от пластообразной, уплощенной до самой неправильной кусковатой. Часто конкреции снизу плоски, а сверху бугристы, что подтверждает их наращивание сверху, а не со всех сторон, как можно было бы ожидать при стягивании внутри осадка. Судя по следам организмов на желваках, последние не поворачивались во время их образования. Крупные конкреции определенной геометрической формы не встречаются. Правильная сферическая форма наблюдается только у мелких выделений, т. е. у возникающих на одном точечном центре и растущих до тех пор, пока малый размер выделения еще позволяет не ощущать неоднородность окружающей среды. Слоистость, которой отличается подавляющее большинство конкреций у калифорнийского побережья, очевидно, свидетельствует о периодичности роста фосфатных образований или о периодичной смене условий этого роста [164].

Многие конкреции внутри имеют оолитовую структуру, точнее — пеллетную, хотя округлые образования в конкрециях развиты не сплошь и некоторые куски конкреций облачают афанитовой структурой. И оолитовая, и пеллетная структуры конкреций говорят о возможности образования оолитов и пеллет не только в процессе перекачивания частиц по дну, но и при перераспределении вещества конкреций, т. е. о вторичности их по отношению к первичной (например, афанитовой) структуре.

Фосфатные конкреции при своем образовании на дне океана захватывают эластические частицы, попадающие на поверхность растущего желвака: глинистый материал, песчинки полевого шпата, кварца, ферромагнетитовых минералов, обломки пород, скелеты планктона (диатомей, фораминифер), спикулы губок, аутигенных минералов — глауконита и др. Присутствие радиолярий, спикул губок и прочих органических остатков, в том числе «углистого» материала, не следует использовать в качестве подтверждения гипотезы об образовании стяжений непосредственно за счет биогенных образований. Это все — зачаток востороннего материала.

Там, где фосфатные стяжения мелки (имеют размерность зерен, песка и гравия) и в то же время отложены в прибрежной полосе, как у п-ова Байя-Калифорния [152], возможен процесс механического переотложения и сгущения этих образований. Возникает подобие «пластовых» фосфоритов. Однако современные фосфатовосные осадки значительно отличаются от древних осадочных пластовых фосфорных руд. Сейчас мы нигде не наблюдаем формирования «сплошных» стратифицированных афанитовых фосфорных осадочных руд или сферических желваков крупного размера, размещенных на различных стратификационных уровнях, как в ископаемых осадках. Некоторые исследователи делают из этого заключе-

ние о том, что современное образование фосфоритов не может происходить, такое утверждение в объяснении геологической истории современной эпохи и в ее развитии, пусть даже в некоторых эпохах мало прогрессивных, но в части таких утверждений.

Современный процесс образования фосфоритов происходит с помощью того же механизма «тот же механизм» физико-химического процесса, видимому, процесс образования фосфоритов и прочих минералов пород в ряде случаев. Как было уже сказано, для некоторых современных фосфоритов или всего лишь частью явления, в частности фосфатных залежей.

Примечательно, что фосфоритами не являются новлены под фосфоритных отложений. Фосфориты это главным образом это терригенный материал оолиты и зерва фосфоритных стяжений в глинистыми осадками с минает платформенные.

Для современных фосфоритов столь примечательно в терригенными карбонатными осадками карбонат выпадает с теми условиями осадочными для древних фосфоритов. Не отмечено фосфоритовыми ситами, вскрытыми при ственным примером ков, очень вероятно, являются кремневые Сечура в Перу. Фосфориты здесь представляет собой

* Ибо «...теория, представляющая собой (с. 18).

ние о том, что современная эпоха неблагоприятна для образования фосфоритов хемогенным способом [133, с. 77]. Разумеется, такое утверждение — сильный аргумент при объяснении геологических явлений, не наблюдаемых в современной эпохе и не поддающихся моделированию. Но, повторим, путь апелляции к специфичности геологических эпох мало прогрессивен вследствие неуклонности большей части таких утверждений*.

Современный процесс фосфатоминерализации реализуется с помощью того же механизма, что и в древности, но этот механизм «тот же» лишь на уровне простейших и основных физико-химических факторов процесса минерализации. По видимому, процесс возникновения сплошных пластовых фосфоритов и прочих, не образующихся в современную эпоху пород в ряде случаев не ограничен актом выпадения на дно. Как было уже сказано, аналогичное положение имеет место для некоторых кремневых тел. В целом формирование «современных фосфоритов» — или, применительно иной процесс, или всего лишь «подпроцесс» сравнительно с той совокупностью явлений, которая приводила к образованию пластовых фосфатных залежей, обнаруживаемых в древних формациях.

Примечательно то обстоятельство, что в осадках, которые устанавливаются под фосфоритными сериями древних геосинклинальных отложений. Фосфатовмещающие осадки на шельфах — это главным образом пески и алевроиты [8]. Местами такой терригенный материал довольно грубозернист, включает оолиты и зерна фосфатов [164]. Вмещаются современные фосфатные стяжения также фораминиферовыми илами и глинистыми осадками с аутигенным глауконитом. Все это напоминает платформенные фосфоритовые ассоциации.

Для современных фосфоритов отчетливо не фиксируется столь примечательная в древних отложениях связь с хемогенными карбонатными осадками. На Багамских банках, где карбонат выпадает химически, в условиях, весьма определенных с теми условиями осадкообразования, которые определяются для древних фосфоритов, фосфориты не зарегистрированы. Не отмечено фосфоритов и в ассоциации с кремнистыми илами. Не отмечено фосфоритов и в ассоциации с кремнистыми илами. Единственным примером наиболее молодых фосфатовосных осадков, открытыми при глубоком бурении в океанах. Единственным примером наиболее молодых фосфатовосных осадков, открытыми при глубоком бурении в океанах. Единственным примером наиболее молодых фосфатовосных осадков, открытыми при глубоком бурении в океанах. Единственным примером наиболее молодых фосфатовосных осадков, открытыми при глубоком бурении в океанах.

* Ибо «...теория, недостаточно жесткая для того, чтобы быть опровергнутой, представляет собой всего лишь жалкую игру в слова» ([13], с. 18).

кремнистые
но все же сильно отлича-

фораминиферовых
[7, 167]. Находки
на вершинах и склонах
весьма интересны.
глубинам — 1—2 км
[7]. Фосфаты здесь
замещают форамини-
фы, и составляют ядра
крупные глы-
бовидной структуры [7].
даже на гайтах пока
этих находок к
связь нельзя. Мо-
этих мощных фос-
то и у желваков,
благоприятные усло-
в трещиноватом вул-
что то же са-
обрушения или
примеры чему можно
[136].

фосфоритов
фосфатоосаждение в
ненасыщенных раст-
створах, а также путем ме-
д и пород дна и стягива-
ния. Фосфатоосаждение не
образования (не
). Для осаждения
температура вод у дна
на поверхности в
нахождения находятся
[190] — может
соответст-
временных фосфори-
или с условиями на-
опосредованно за-

— относительное
в водах, хотя бы и в

Фосфат может
так и органическими
богатыми

ния фосфатсодержащих илов; но в определенной мере благо-
приятными могут оказаться и эстуарии [185], и лагуны с
обильной биопродуктивностью.

Процесс минерализации фосфатов в современных услови-
ях происходит чрезвычайно медленно и возможен лишь там,
где незначительно количество других осаждающихся компо-
нентов. Это правило установлено для древних, оно действует как
для древних, так и для современных фосфоритов, показывая,
что в их генезисе есть что-то общее. Однако это «общее»,
возможно, ограничивается только скоростью минерализации
фосфатов, так как она (минерализация) всегда происходит
за счет растворов с очень малым абсолютным содержанием
фосфора. Возникает предположение, что богатые пласты
древних фосфоритов, не несущих текстурных признаков чрез-
вычайно медленного накопления фосфатов, или возникали за
счет интенсивного осаждения при совершенно ином способе
привноса, или механически обогащены, или же имеют прин-
ципиально иной генезис, т. е. обогащены химически.

Данные по современным фосфоритам показывают, что
фосфатные концентрации могут не иметь никакого отноше-
ния к иловым водам и не давать материалов для подтвер-
ждения чисто химического осаждения, более свидетельствуя
в пользу замещения и аккреации. Но в ряде случаев наме-
чается отчетливое совпадение участков размещения совре-
менных фосфоритов с участками моря, обогащенными пита-
тельными веществами (фосфатом, нитритом, кремнеземом), —
с жизнеобильными зонами, или, как говорят океанологи,
с зонами высокой продуктивности. Ф. Шеллер [192] объяс-
няет процесс фосфоритизации бревна, извлеченного со дна
в заливе Теуантепек, тем, что морская вода потеряла на
контакте с древесиной кислород, в результате чего стала
пересыщенной содержащимся в ней фосфатом. Следова-
тельно, потеря кислорода при окислении органической массы в
зонах высокой продуктивности (в зонах эвфеллинга) может
приводить к осаждению фосфатов химическим путем или же
стимулировать фосфатный метасоматоз. Это дало основание
многим авторам считать, что при отсутствии причинной связи
между фосфоритами и отдельными литологическими единица-
ми сопровождающих их осадков (кварцевым песком, глинной,
карбонатами) такая связь между фосфоритами и осадками —
индикаторами жизнеобильных зон (кремнистые породы, и
черными сланцами и т. п.) — может иметь место.

ОБ «ЭПОХАХ» ФОСФОРИТООБРАЗОВАНИЯ.

Значительная протяженность горизонтов богатых фосфор-
ных вул и приуроченность их залежей к границам, например

эпохи и именно по-

заключается в фосфоритонос-
н пункте, на значитель-
метров) в противопо-
происхожде-
сугубо местные
етона. (Вообще-то и
определяться наступле-
они будут обладать
слои.) В истолко-
однако, содержится
для стратиграфии в

Эпохи? Это значит, что
возникает в опре-
фиксация этого

для того, чтобы со-
от другого минимум
случае требуется соот-
с чем-то еще. Выше
фосфоритами и дру-
понятие «эпохи фос-
использовать еще одну
и свойством «время об-

измерялось как физиче-
процесса, по-
соответствовало бы
залегают в отложениях
любому геологическому
процедурой, при-
время не измеря-
характеристикой,
особенностей неко-
[33]. По сути дела,
записываемый геологиче-
неформальной про-
сопоставления палеон-
определения отно-
распада к ко-
Поэтому опираться на
есть смысл только
с номером, оп-
геологического воз-
был бы другой

когда фосфатоосаждение совершенно не коррелировалось бы с вещественным составом отложений, а зависело бы только от места слоя в разрезе напластований. Или если бы фосфоритоносность определялась присутствием таких палеонтологических остатков, которые определяли возраст отложений: логических остатков, которые определяли возраст отложений: скажем, если бы фосфат входил в состав руководящей фауны (этот случай реален для некоторых ископаемых организмов). Короче говоря, связь фосфорит — время эффективна при следующих условиях: 1) она достаточно сильна, 2) параметр «время» можно определять проще и быстрее других и 3) этот параметр независим.

Например, при поисках полезных ископаемых, представляющих собой продукты выветривания, важно определить интервал времени, когда в определенном регионе процессы выветривания были интенсивными (в нужном аспекте), и тогда перспективными (до наложения следующих требований) останут считаться все слои, возникшие в эту эпоху. Фосфориты в ряде случаев как раз обнаруживают такую закономерность — нахождение в одних горизонтах с продуктами выветривания. Однако параметр «время» при этом теряет свою определенность. Например, иногда выявляется закономерность, формулируемая так: фосфориты синхронны геологическим телам, содержащим продукты выветривания. Синхронизация фосфоритов и продуктов выветривания по независимому от их состава параметру «время» с удовлетворительной корреляцией трех компонентов: время — продукты выветривания — фосфориты вроде бы делает высказывание об эпохах вполне осмысленным. Но понятие «стратиграфическое время» неотделимо от понятия о геологических телах, и вопрос о транзитивности и симметричности этого отношения еще требуется доказывать. Поэтому, как правило, фосфоритоносность коррелируется не с возрастом, а с составом вмещающих или соседних пород. И пока у нас нет оснований считать, что состав вмещающих пород (в понятие о составе входят также включения палеонтологических остатков) или иные признаки могут быть с большим успехом заменены параметром «время».

В истории земной коры можно наметить несколько «эпох» «максимального фосфоритообразования». Это — сугубо эмпирические данные, характеризующие максимумы графика в координатах запасы фосфоритовых руд — геологическое время [23]. На сегодняшний день на таком графике можно выделить три-четыре максимума: в рифее, нижнем кембрии, перми, верхнем мелу — палеогене. Наиболее глобальной эпохой является последняя (возможно, в силу лучшей и повсеместной сохранности более молодых отложений).

Совершенно очевидно, что конфигурация такого графика

пик обусловлен всего лишь одним фосфоритоносным бассейном; рифейский — очень всевозможный, но крупными месторождениями Китая и МНР, можно было бы добавить и миоцен — современный пик, если подсчитать запасы фосфоритовых конкреций на две современных морей и океанов. Отметим еще, что кривая распределения запасов по возрасту может считаться объективной лишь в том случае, если плотность и качество осреднения по разным стратиграфическим этажам одинаковы. Пример с пермским бассейном США достаточно показателен: несмотря на большой пик запасов, считать нижнюю пермь (леонардий) глобальной эпохой фосфатонакопления безотносительно к литологическим данным не приходится.

Разумеется, «эпохи» имеют какое-то значение в пределах некоторого региона. Какое-то — ибо в высказываниях о возникновении фосфоритов при трансгрессиях заложено утверждение о несинхронности различных частей фосфоритовых горизонтов. Чтобы использовать понятие об «эпохе», этот некоторый регион надо задать, а чтобы задать регион, надо узнать, где в разрезе залегают фосфориты, т. е. определить «эпоху». Круг замыкается. В целом смысл применения понятия об эпохах фосфатонакопления заключается лишь в выражении надежды на то, что фосфоритовый горизонт, протягивающийся на некоторое расстояние, в «этом же районе» (?) может быть протянут еще дальше. Выражение «для фосфоритов, как и для многих осадочных полезных ископаемых, устанавливается закономерная связь с определенными стратиграфическими подразделениями» [75, с. 7] есть тавтология. Его надо понимать так: устанавливается связь фосфоритов с геологическими телами только определенного состава, которые на том или ином расстоянии выдерживаются «по возрасту», т. е. сохраняют определенное место в последовательности напластований. Поэтому в приведенном высказывании информации содержится не более, чем во фразе «фосфориты залегают слоями». Существенная смена литологической характеристики данного стратиграфического подразделения всегда сопровождается исчезновением руд. Правда, этому можно иногда и возразить, но только потому, что понятие о существенности литологических изменений весьма растяжимо. Например, разрезы фосфоритовых месторождений Каратау и тех, что находятся в кремнисто-карбонатной формации Сибири, в каких-то отношениях несхожи, а возраст одинаковый — нижний кембрий. Именно подобные соображения и приводят к концепции «рудобразующих эпох».

Однако можно согласиться и с тем, что все нижнекембрийские фосфоритовые месторождения Азии схожи — это залежи в карбонатных толщах, приуроченные к разнообразным границам. В нижнекембрийское время широко распространи-

лись карбонатные осадки, фосфориты, надо проследить, в какой эпохе они отлагались, и эти отложения будут литологически. С другой стороны, в связи с нахождением фосфоритов в синийской системе Китая, до девонке и силуре Северного Китая, руды опять же приурочены к определенным литологическим условиям.

Существует множество месторождений фосфоритов, но у нас в стране прежде всего иной области (Сибирь, пекте). Кроме того, фосфориты присутствуют в пределах восточной части внутри фосфоритовых бассейнов. Например, усинские известняки Сибири имеют толщ прежде всего иной области. В стратиграфическом отношении это валов разных бассейнов. Но при малом количестве данных шкале еще не позволяет установить конвергенцию в разрезе залегают «закономерной» закономерности запасов с тем или иным литологическим телом. Эта цифра содержит данные так и по их распространению. Взаимная зависимость руд и литологии (независимо от состава осадочных пород) на только для вертикального — она опирается на большое число месторождений, равномерно распределенных по территории отложений). Во всех остальных случаях локальны, и предпочтительнее сопоставлять их с характеристиками литологии.

Поясним сказанное на примере фосфатонакопления в восточной части вала, опуская упоминание о определенном литологическом теле «ха» отсекаются случаи восточной части вала. В этих подразделениях руды встречаются редко. На профиле (рис. 2) можно видеть, что залегающие часто наблюдаются в определенных границах. Формации восточной части эпох: А, Б, В, Г. Легко видеть, что в распределении залежей в восточной части вала.

фосфоритноносным бассейном, но крупными месторождениями было бы добавить и запасы фосфоритов морей и океанов. Запасов по возрасту в том случае, если в разных стратиграфических интервалах с пермским бассейном (или на большей или меньшей глубине) глобальной эпохи к литологическим

значению в пределах выказываниях о возрастных заложено утверждение частей фосфоритовых горизонтов об «эпохе, этот не только задать регион, надо фосфориты, т. е. определить смысл применения понятия фосфоритовый горизонт, прояснение, в «этом же районе» дальше. Выражение «для полезных ископаемых» [75, с. 7] есть тавтология, связью с определенными ископаемыми определяется связь фосфоритового горизонта с определенным соотношением выдерживаются определенное место в последующем в приведенном высказывании не более, чем во фразе «Смена литологического подразделения руд. Правильно, но только потому, что изменение изменений весьма фосфоритовых месторождений в кремнисто-карбонатной среде несхожи, а воз-

Именно подобные соотношения «разнообразных эпох». И все же, что все нижнекембрийские Азии схожи — это за-... к разнообразным

лись карбонатные осадки; поэтому, если требуется найти фосфориты, надо проследить карбонатные осадки определенного облика. Вполне вероятно, что в вопросе о том, в какую эпоху они отлагались, разберутся намного позже, чем эти отложения будут окончательно описаны и изучены литологически. С другой стороны, предположение об исключительности именно нижнекембрийского времени слабеет в связи с нахождением фосфоритовых залежей в рифее МНР, синийской системе Китая, среднем кембрии Австралии, ордовике и силуре Северного Казахстана и т. д. Везде фосфориты опять же приурочены к карбонатным толщам.

Существует множество карбонатных толщ, не содержащих фосфоритов, но у них не только другой возраст, у них прежде всего иной облик (состав — в более детальном аспекте). Кроме того, бесфосфатные карбонатные пачки и толщи присутствуют в пределах фосфоритноносного интервала и внутри фосфоритноносного бассейна нижнего кембрия (скажем, усинские известняки Сибири). И у этих бесфосфатных толщ прежде всего иной облик. Кое о чем могло бы сказать стратиграфическое сходство некоторых продуктивных интервалов разных бассейнов. Но малое число таких бассейнов при малом количестве отделов систем на геокронологической шкале еще не позволяет уверенно возводить эту возрастную конвергенцию в ранг закономерности. Так же нельзя считать «закономерной» корреляцию максимальной цифры обилия запасов с тем или иным стратиграфическим подразделением. Эта цифра содержит данные как по богатству руд, так и по их распространенности. Можно сказать, что корреляция фосфорных руд и возраста вмещающих осадков (независимо от состава осадков) более или менее обоснована только для верхнемеловой — палеогеновой эпохи (т. е. опирается на большое число проявлений, относительно равномерно распределенных на площади развития указанных отложений). Во всех остальных случаях эти данные сугубо локальны, и предпочтительнее просто корреляция фосфоритов с характеристиками состава вмещающих отложений.

Поясним сказанное модельным примером. Выделяя «эпоху фосфатонакопления», нередко основываются на частоте встречаемости рудопроявлений в стратиграфическом интервале, опуская упоминания о приуроченности фосфоритов к определенным литологическим телам. В итоге понятием «эпоха» отсекаются случаи находок полезного компонента в других подразделениях как статистически не выдержанные, редкие. На профиле (рис. 26) показаны три формации, имеющие часто наблюдаемые в действительности соотношения границ. Формации возникли в течение 4 стратиграфических эпох: А, Б, В, Г. Легко видеть, что при почти равномерном

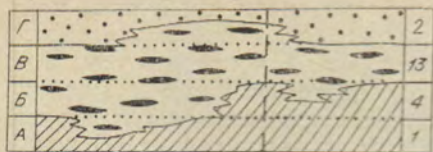


Рис. 26.

пропорциональна рассматриваемому объему этой формации» или же такому: «большая часть объема благоприятной формации заключена в стратиграфическом интервале В». Понятие объема, занятого благоприятными для фосфатоосаждения породами, затем трансформируется в понятие об эпохе фосфоритоаккумуляции. Но это вовсе не вывод о временной закономерности. Так, если рассматривать геологическое пространство по правую сторону от вертикальной пунктирной линии, то отложения эпохи В представляются совершенно неперспективными независимо от их литологических особенностей. На самом деле это не так.

Вывод: введение «возрастного признака», особенно для древних толщ, где значительная доля стратиграфических построений зиждется на литологических характеристиках и пространственных соотношениях слоев, не более чем терминологическая («стратиграфическая») шифровка более ясных, понятных и более согласованно воспроизводимых литологических сопоставлений.

К ВОПРОСУ ОБ «ЭВОЛЮЦИИ ФОСФОРИТООБРАЗОВАНИЯ»

Неравномерно не только распределение фосфоритовых масс по стратиграфическим подразделениям. Разновозрастные фосфориты отличаются друг от друга и свойствами. Неравномерность распределения масс и свойств фосфоритов по вертикальному разрезу позволила обратиться к вопросу об эволюции фосфоритообразования [76], учет которой, как предполагается, может прояснить генезис фосфоритов и помочь их прогнозированию.

Уточним, что такое эволюция и как ее можно «учитывать».

В основу рассуждений об эволюции в аспекте литогенеза положены представления о необратимом изменении условий осадконакопления и состояния планеты в целом. Эти изменения должны приводить к тому, что объекты некоторого фиксированного класса, отнесенные к определенному периоду,

по числу залежей четко выделяется «основная рудная эпоха» — В. Эта «закономерность» — перефразировка тривиального утверждения: «вероятность встретить залежь в перспективной литологической формации прямо

будут обнаруживать любым объектом этого же периода. Однако изменения эволюционными, пока мы не направленный характер. Так, изменения эволюционных пород в зависимости от сированные на картах, отражающими эволюцию, скажем, к общему глубинной их залеганию.

Процедура определения объектов, следовательно, такова:

- 1) выделяется класс;
- 2) фиксируются объекты будут считаться к этим интервалам;
- 3) выделенные объекты к этим интервалам;
- 4) выбирается свойство, разделяться эволюция; в процедуре выделения объектов участвует) оно должно шкале);
- 5) определяются объектов каждого интервала, мер сходства между объектами делы (или средние значения);
- 6) строится график или любой иной характеристического положения групп объектов, эволюцию данного класса объектах ристике.

Эволюция фосфоритообразования в этом аспекте, по приключению отдельных типов фосфоритов [76, фиг. 2]. Изменения новидностей фосфоритов многообразного «процесса» введения понятия об эволюции эволюция в том, что на основе изменений некоторых «фосфоритов», имеется некоторые их свойства, физическом положении. Неравномерность образования вследствие развития на той или иной стадии

будут обнаруживать между собой большее сходство, чем с любым объектом этого же класса, но возникшим в другой период. Однако изменения свойства не могут быть названы эволюционными, пока мы не убедимся в том, что они имеют направленный характер, т. е. отражают некоторую тенденцию. Так, изменения электрического сопротивления глинистых пород в зависимости от их положения в разрезе, зафиксированные на каротажной диаграмме, не могут считаться отражающими эволюцию, пока не будет подмечена тенденция, скажем, к общему возрастанию сопротивления глин с глубиной их залегания.

Процедура определения эволюции в геологическом аспекте, следовательно, такова:

1) выделяется множество объектов одного и того же класса;

2) фиксируются возрастные интервалы, внутри которых объекты будут считаться одновозрастными;

3) выделенные объекты группируются по принадлежности к этим интервалам;

4) выбирается свойство, относительно которого будет определяться эволюция; это свойство не должно участвовать в процедуре выделения объектов, в противном случае (если участвует) оно должно измеряться детальнее (по иной шкале);

5) определяются значения выбранной характеристики на объектах каждого интервала, затем — пределы колебаний мер сходства между объектами каждого интервала. Эти пределы (или средние значения) сравниваются;

6) строится график изменения свойства (мер сходства или любой иной характеристики) в зависимости от возрастного положения групп объектов. Этот график и выражает эволюцию данного класса объектов по выбранной характеристике.

Эволюция фосфоритообразования пока определена в общем аспекте, по прикидочным оценкам распространенности отдельных типов фосфоритов и фосфоритоносных формаций [76, фиг. 2]. Изменения распространенности тех или иных разновидностей фосфоритов интерпретируются как изменение многообразного «процесса фосфоритообразования». Смысл введения понятия об эволюции в подобной трактовке заключается в том, что на основе выявленной направленности необходимых изменений некоторого класса объектов, именуемого «фосфориты», имеется возможность предвидеть и объяснить некоторые их свойства, опираясь на данные об их стратиграфическом положении. Например, если выяснится, что возможность образования богатых пластовых фосфоритов исчерпана вследствие развития или исчезновения некоторых процессов на той или иной стадии геологической истории, можно вырабо-

по числу залежей четко
«основная
эпоха» — В. Эта
«одномерность» — пере-
пунктировка тривиально-
утверждения: «вероят-
встретить залежь
перспективной литоло-
гической формации прямо
объекту этой формации»
благоприятной фор-
интервале В». Поня-
для фосфатоосаждения
об эпохе фосфо-
временной законо-
геологическое простран-
пунктирной линии,
совершенно неперспек-
особенностей.

эпоха», особенно для
стратиграфических по-
характеристиках и
не более чем терми-
пунктировка более ясных,
производимых литологи-

«ФОСФОРИТООБРАЗОВАНИЯ»

фосфоритовых
Разновозраст-
и свойствами. Не-
свойств фосфоритов по
к вопросу об эво-
которой, как пред-
фосфоритов и помочь

можно «учитывать».
аспекте литогенеза
изменении условий
в целом. Эти изме-
объекты некоторого
определенному периоду,

тать решение о соответствующем изменении ориентации поисков.

Заметим, что характер заключений по этому вопросу сильно зависит от представительности отобранного материала, от выбранных классификаций, от представлений о процессе фосфатообразования и сохранности объектов во времени.

Выводы Н. А. Красильниковой [76] об эволюционных тенденциях процесса фосфоритообразования сводятся к следующему:

а) в древнейшие периоды истории Земли (докембрий, кембрий) фосфоритообразование происходило преимущественно в геосинклинальных областях, в зоне гумидного климата и слабо хемогенным способом;

б) с ордовика фосфоритообразование переходит на платформы и в зоны аридного климата, в осаднении заметную роль начинают играть организмы;

в) с мезозоя фосфоритообразование концентрируется преимущественно на платформах, крупные месторождения формируются только в аридном климате; процесс осаднения фосфатов в значительной степени связан с жизнедеятельностью различных организмов.

Эти положения Н. А. Красильникова связывает с общими изменениями в дифференциации поверхности планеты, в составе атмосферы и вод, а также с эволюцией органического мира. Выводом из приведенных положений может быть ориентация поисков богатых фосфоритов в геосинклинальных отложениях древнейших эпох и платформенных отложениях молодых эпох.

Насколько правомочен такой вывод?

Прежде всего, выводы об эволюционных изменениях какого-либо геологического процесса правомочны, как и при определении «эпох», только при равномерной изученности всех областей, где находятся объекты, связанные с этим процессом, чего нельзя сказать об интересующих нас объектах. На Китайской платформе находятся крупнейшие месторождения фосфоритов. Н. А. Красильникова считает, что геотектоническое положение этих месторождений «не ясно» [78]. С последним нелегко согласиться (см. раздел «О тектонической характеристике зон фосфатонакопления»), учитывая материал по этим районам. Вывод о данной «неясности» — отголосок той «неожиданности», какой явилось для ориентирующихся на классификацию Н. С. Шатского [143] открытие на платформах «пластовых» богатых оолитово-пеллетных фосфоритов, осаднение которых по данной классификации считалось прерогативой только типично геосинклинальных зон. Расположенные же в пределах южной оконечности Китайской платформы богатые месторождения пластовых фосфоритов ДРВ (здесь они тоже переработаны позднейшими движениями, подобно тому, как дислоцированы альпийскими дви-

жениями платформенные отложения Нахичеванской АССР и Фосфория) отнесены уже к «пластовым».

Близкие позиции — по отношению к платформе — занимают последние по времени осаднения геновые фосфориты Северного Китая, которые колеблются между платформой и платформой. Но в [78] они отнесены по разным зонам.

Сказанное поясняет, что необходимо существенно изменить представление об объекте. Поэтому в понимании Фосфория, который «аридный» в непонятной исключительности, столь малом количестве объектов классификации их на «геосинклинальные» удивительно, что выводился об этом образом зависит от понимания

Переход с течением времени от синклиналей на платформы в процессе эволюции этого процесса. Платформенное распределение платформенных (иногда и «аридных») фосфоритов Китайской платформы. Имеются высказывания о платформе в позднем протерозое. С платформенных отложениях богатых фосфоритов и Северного Китая, рождений фосфоритов неясны в отношении, как это показано на схеме в [78] — платформенные.

С другой стороны, сейчас уже известны геосинклинальные фосфориты. И, наконец, надо учесть, что в течение времени менялся характер геосинклинальных геосинклинальных кордильеры обстановки, всегда неблагоприятной для образования, независимо от эпохи. Фосфориты, когда они образовывались в платформенной обстановке (например, месторождения в ДРВ) могли сформировать богатые фосфориты в обстановке платформ. Кстати, фосфориты в ДРВ — это, по сути дела, существенно терригенные фосфориты относительно стабильности.

В принципе, на этом уровне можно говорить эволюцию именно «фосфоритовых» месторождений, а не фосфоритов. В отношении фосфоритами более специализированными

жениями платформенные девонские фосфоритовосные отложения Нахичеванской АССР и Ирана, а также формации Фосфория) отнесены уже к «геосинклинальному».

Близкие позиции — на самом краю платформы, с «накатом» на последнюю — занимают фосфориты Фосфорин и мел-палеогеновые фосфориты Северной Африки. Здесь как раз можно было бы колебаться перед альтернативой геосинклиналь — платформа. Но в [78] они, как и в работе Н. С. Шатского, разнесены по разным зонам.

Сказанное поясняет, что субъективное решение об отнесении месторождений к тому или иному классу может существенно изменить представления об эволюции исследуемого объекта. Поэтому и появляются, например, высказывания о непонятной исключительности фосфоритовосного бассейна Фосфория, который «нарушает» эволюционный ряд [76]. При столь малом количестве объектов и столь субъективной классификации их на «геосинклинальные» и «платформенные» не удивительно, что выводимая модель эволюции существенным образом зависит от уникальности объекта.

Переход с течением времени фосфоритообразования из геосинклиналей на платформы вряд ли может считаться фактором эволюции этого процесса. Прежде всего неясно полное распределение платформ древних эпох. Докембрийские (сибирские) фосфориты Китайской платформы — первое крупное возражение. Имеются высказывания о существовании крупной платформы в позднем протерозое Средней Сибири [99], в карбонатных отложениях которой есть фосфатопоявления. У Восточнокитайских и Слюдянских метаморфических месторождений фосфоритов неясны не только климатические условия, как это показано на схеме в [71, фиг. 1], но и геотектонические.

С другой стороны, сейчас уже известны упоминания о юрских геосинклинальных фосфоритах в Мексике [183, с. 218]. И, наконец, надо учесть, что в мезозое и кайнозое вообще изменился характер геосинклиналей: во многих из них внутригеосинклинальные кордильеры обусловили резкое преобладание терригенного и вулканогенно-терригенного накопления — обстановка, всегда неблагоприятная для фосфоритообразования, независимо от эпохи. Фосфориты, даже в тех случаях, когда они образовывались среди одних терригенных пород (например, месторождения группы Коссеир-Сафага, Египет), смогли сформировать богатые залежи только в спокойной обстановке платформ. Кстати, формация Фосфория тоже, по сути дела, существенно терригенная и тоже возникла в зоне относительной стабильности.

В принципе, на этом уровне рассуждений, трудно усмотреть эволюцию именно «фосфоритообразования», ибо предпочтение фосфоритами более спокойных районов осадочного

Но если в ранние перио-
ды спокойные области в виде
встречались и в геосинклиналях,
то в основном на плат-

не считать «эволюционным»
переходом из зоны гумид-
ности к аридной, о том, что боль-
шинство (80% запасов P_2O_5)
находится или на краю этой зо-
ны или в месторождениях фосфо-
ритов. Фосфориты, Северная Афри-
ка в фосфатносных разрезах
этой концепция зиждется
на подсчитанных в них за-
пасов, что известно для дру-
гих районов. Однако
было бы пересмотреть [56].
в платформенных
зонах аридных об-
ластях в редком влажном кли-
мате P_2O_5 . Они только
месторождений. Кроме того,
запасы фосфатов,
отложениях мезозой-
ских фосфатносных горизонты
распространены. Они вскрыты
в западных частях Западно-
сибирской периферии. То же
в фосфоритах ордо-
вицианского времени счи-
тается о запасах, а толь-
ко фосфатного вещества

в гумидность для хе-
мического аридные зо-
ны осадков (100—
осадков больше. Но,
по сравнению с
Вторых, важ-
образование совер-
ждения нефосфат-
в равной мере выполнять
областях обычно нет
фосфатнакоплению там
или накопление кла-
В гумидных же

областях, хотя и ощущается интенсивный адиабатный при-
нос терригенного материала, фосфориты избравшие самые «спо-
койные» интервалы разреза, которые формируются в те мо-
менты, когда принос или накопление адиабатного материала
подавлено. Следовательно, дело не в количестве осадков, вы-
падающих в области сноса, или их распределении во времени,
а в температурных условиях мест осадкования фосфатов.

Фосфориты и гумидной, и аридной зон тяготеют к теплему
климату, но «аридность» подразумевает жаркий пояс. Пред-
полагается, что именно в жарком и засушливом поясе сильные
сгонные ветры вызывают подъем глубинных, богатых фосфо-
ром вод [126]. Однако эту точку зрения следует пересмотреть.
Во-первых, сгонные ветры могут вызвать лишь локальный
подъем вод с небольших глубин (первые десятки метров у бе-
рега). Подъем же вод с глубин 1000—1500 м требует затрат
энергии намного больших. Сдвиг поверхностного слоя вод, по
известным данным океанологии, компенсируется нагонным
поверхностным течением, направленным вдоль берега. Сгон-
ные течения участвуют в выжимании глубинных слоев, но в
очень опосредованной форме — через всю систему течений
в бассейне. Во-вторых, как отмечалось выше, такой механизм
противоречит факту соседства фосфатнакопляющих бассей-
нов с солеродными. Воды должны следовать в солеродный
бассейн, где испаряются. Сгонные ветры, по схеме образова-
ния фосфоритов А. В. Казакова [65], являлись бы мощным
фактором разбавления вод в соседнем солеродном бассейне,
что противоречит наблюдаемым фактам.

Таким образом, понятия «аридность» и «гумидность» для
нашего случая трансформируются в понятия о жарком и про-
хладном климатах. Тогда мы теряем критерий разграничения,
ибо по новому основанию получается, что и древние фосфориты
(каратауские, южнокитайские, алтае-саянские, фосфорит-
ские), и молодые (североафриканские, например) образова-
лись в одной и той же зоне — зоне жаркого (неважно — влаж-
ного или не влажного) климата. Именно об этом свидетель-
ствуют обильные водорослевые постройки и карбонатные отло-
жения перечисленных областей. А они характерны для всех
времен отложения фосфоритов. Поэтому «переход фосфорито-
образования из гумидных областей в аридные» опять же не
может считаться атрибутом эволюции.

Наконец, «эволюционное» объяснение неравномерного рас-
пределения во времени характеристик самих фосфоритов
сталкивается с существенным осложнением, вызванным тем,
что сравнение мы вынуждены проводить по породам, претер-
певшим разную историю, в то время как следует руководство-
ваться некоторым неизменным понятием. Так отсутствие фос-
форитов зернистого типа в наиболее древних толщах может
быть вызвано их переходом в тонкокристаллические разности

вследствие перераспределения вещества в постседиментационной истории осадка. Зернистый тип, возникновение которого можно наблюдать сейчас в виде комочков среди ила [4, 5] и как результат преобразования органогенной массы, вероятно, неустойчив в процессе старения осадков. Оолитово-зернистый тип, как и конкреционный, не сохраняется в метаморфизованных осадках архея и протерозоя. То же можно сказать и о вмещающих фосфориты карбонатных породах, сохранность биогенной структуры которых полностью зависит от степени перекристаллизации.

В целом можно заключить, что попытка уловить эволюцию процесса фосфоритообразования пока не пошла дальше общего выражения самой идеи: если осадконакопление зависит от эволюции состояния планеты, то и некоторый частный процесс седиментации (скажем, фосфатонакопление) тоже должен эволюционировать. Но для того чтобы научно установить эволюцию фосфоритообразования, необходим более строгий подход, основанный на абстрактной эволюционной модели и четком критерии «эволюционности», а также использовании объективных классификаций и хотя бы минимальных требований статистики по части представительности выборок. Иначе мы рискуем сбиться на выводы об эволюции тех явлений, которые лишь очень опосредованно имеют отношение к фосфоритообразованию, как, скажем, эволюция органического мира, результаты которой, видимо, только накладывались на формирование рудных залежей или дополняли его.

С другой стороны, не имея объективных критериев сравнения, можно пройти мимо тех преобразований, которые породы и толщи испытывают в течение геологической истории (см. раздел «Преобразования фосфоритов и фосфатовмещающих пород»). Этот процесс как бы «противоположен» эволюции. Подобная мысль в применении к геологическим проблемам высказана, например, В. С. Домаревым [47], обратившим внимание на то, что метасоматические процессы при изменении условий метаморфизма могут уничтожать залежи руд. «Подобными явлениями, — пишет далее В. С. Домарев, — а не только эволюцией процессов рудообразования в истории Земли можно объяснить, в частности, отсутствие или незначительное распространение жильных гидротермальных месторождений в сильно метаморфизованных породах докембрия». Сходное высказывание можно найти у Э. Дегенса [42] и т. д.

К ПОСТРОЕНИЮ ГИПОТЕЗ ФОСФОРИТООБРАЗОВАНИЯ

Гипотез о происхождении фосфоритов много (см. [200], где дана их классификация). Они различаются трактовкой источника фосфора, механизма перевода его из растворенного или

рассеянного состояния в процессе которых возникает механизм осаждения. Поиск фосфоритов требует открытия новых и новых фосфоритовых месторождений и экспериментальной работы, сталкиваемся с методическими проблемами «генетического подбора фактического материала из огромного количества», следствия которых совпадают с общими принципами геологии. Признана верной только та гипотеза на определенном минимуме фактов, которая дает возможность представить картину эволюции являющегося выше заданного процесса. Дальнейшая проверка (такие проверки могут оказаться не более чем гипотезами) геологических задач, которые можно располагать (если за число испытаний предполагается, особенно если речь идет о формировании крупных месторождений объектов), это затруднение пытаются объяснить «строение геологической связи, которые удалось объяснить. При этом выводимые из фактов устанавливаются для объяснения. К сожалению, объем фактов фосфоритов крайне мал. Иногда мы дело с разными месторождениями или это, по сути дела, одно и то же месторождение фосфоритов хр. Малый Кембрийский, но считать единым месторождением. Иначе говоря, факты, которые вроде бы статистически не имеют отношения к фосфоритообразованию, геолог вынужден мириться с фактами, как правило, объясняемыми фактами или ограничены в своем применении случаями.

Тем не менее построение гипотез при ручной обработке данных геологической работы, сокращающим объем фактов, приписывают большие успехи. Это имеет место, и на него возлагаются большие надежды при принятии практических решений.

постседиментацион-
возникновение которого
среди ила [4, 5] и
массы, вероятно,
Оолитово-зернистый
в метаморфизован-
можно сказать и о
породах, сохранность
зависит от степени

уловить эволюцию
дальше обще-
зависит от
частный процесс
тоже должен
установить эво-
более строгий под-
модели и чет-
использовании
минимальных требо-
ности выборок. Ина-
тех явлений,
отношение к фос-
органического
закладывались на

критериев срав-
которые поро-
истории (см.
фосфатовмещающих
эволюции.
проблемам
[47] обратившим вни-
при изменении
руд. «Подоб-
Докторов, — а не только
в истории Земли мож-
незначительное рас-
месторождений в
Сходное вы-
[42] и т. д.

РАСТВОРЕНИЯ

много (см. [200], где
трактовкой источ-
растворенного или

рассеянного состояния в осадок, а также тех причин, вслед-
ствие которых возникает источник и начинает действовать
механизм осаждения. Построение гипотезы происхождения
фосфоритов требует отыскания сходных черт строения изучен-
ных и новых фосфоритовых месторождений или между место-
рождением и экспериментальным материалом. И здесь мы
сталкиваемся с методологическим затруднением, общим для
«генетического подхода»: никогда нет «полного» совпадения
генетического материала со всеми следствиями гипотезы. Ги-
потеза, следствия которой во всем, практически же лишь «во
многом», совпадают с наблюдаемыми фактами, может быть
признана верной только тогда, когда совпадение повторяется
на определенном минимуме месторождений, т. е. если гипотеза
дает возможность предсказывать некоторые события с веро-
ятностью выше заданного предела. Обычно рекомендуют счи-
тать практически существенным (не исключая необходимости
дальнейшей проверки) такое положение, при котором случай-
ными могут оказаться не более пяти исходов из ста. При ре-
шении геологических задач нередко количество испытаний,
которым можно располагать, намного меньше требуемого
(если за число испытаний принимать количество изучаемых
объектов), особенно если речь идет о закономерностях форми-
рования крупных месторождений богатых руд.

Это затруднение пытаются преодолеть, вводя «убедитель-
ные объяснения» строения месторождений, позволяющие те
связи, которые удалось объяснить, считать также и устойчи-
выми. При этом выводимые на основе объяснений закономер-
ности устанавливаются для отдельных классов месторожде-
ний. К сожалению, объем таких классов для месторождений
фосфоритов крайне мал. Иногда трудно даже решить, имеем
ли мы дело с разными индивидуальными месторождениями
или это, по сути дела, одно и то же месторождение. Так, зале-
жи фосфоритов хр. Малый Каратау разделены на месторож-
дения искусственно. Фосфоритоносный бассейн Каратау мож-
но считать единым месторождением с множеством «подместо-
рождений». Иначе говоря, можно подобрать материал,
который вроде бы статистически подтвердит гипотезу, но фак-
тически будет относиться к единственному случаю. В итоге
геолог вынужден мириться с несовершенством своих гипотез,
которые, как правило, объясняют лишь единичные сочетания
фактов или ограничены в своих предсказаниях тоже единичны-
ми случаями.

Тем не менее построение генетических гипотез в геологии
при ручной обработке данных является необходимым этапом
работы, сокращающим объем сопоставлений. Ему нередко
приписывают большие успехи практики, чем это действительно
имеет место, и на него возлагаются чрезмерные надежды при
принятии практических решений. Уверенность в могуществе

ному на отдельном месторождении материале, хотя может противоречить материалам по другим месторождениям этой же провинции. Примером тому являются месторождения Белкинского и Саржаковского, относящиеся к одной (Алтае-Саянской) провинции. Для Белкинского месторождения построена модель: «смена доломитового накопления известняков дает осаждение фосфоритов», которая считается теоретически обоснованной [93]. Но на Саржаковском месторождении фосфориты залегают только среди доломитов. Если это месторождение отнести к тому же классу, что и Белкинское, модель должна быть подвергнута сомнению. Оценка моделей, таким образом, зиждется на весьма субъективной (пока) процедуре районирования и разграничения классов месторождений. В этих условиях нередко следствие принимается за причину или одно из следствий определяется как причина других. Такое положение возникло, например, с гипотезой Кайе об осаждении фосфатов бактериями: наличие отпечатков бактерий (?) в фосфоритах должно считаться, скорее всего, следствием существования в осадках органики, а не причиной фиксации фосфора в морской среде [159].

Ввиду неопределенности понятия «фосфорит» сейчас дать обзор представлений о генезисе объекта, границы которого не совсем ясно определены, затруднительно. Колчеданная залежь, скажем, может возникнуть при одних обстоятельствах, пиритовые жилки и конкреции — в совершенно иных условиях. Генезис пласта известняка может быть совсем иным, нежели кальцитового цемента или стяжений в песчаных породах, хотя и то и другое может быть объединено одним понятием «карбонат», аналогичным понятию «фосфорит».

Говоря о генезисе, требуется описать источник вещества, способ доставки его к месту фиксации, механизм фиксации (осаждение, замещение, синтез и т. п.), перечислить и определить роль вспомогательных элементов процесса (воды-осадители, температуры и потенциалы), наконец, описать преобразование полученного продукта в новые формы и т. д. Практически невозможно сделать подобное перечисление «полным» или хотя бы унифицированным. Кроме того, каждый из пунктов этого перечня, в свою очередь, является очень растяжимым понятием.

Например, нередко ювенильный источник фосфора противопоставляют морскому. В то же время совершенно очевидно, что, прежде чем возникает пластовая залежь фосфатного материала, соединения фосфора должны распределиться по некоторому объему морской воды. Фиксация их в осадках может начаться при определенном соотношении некоторого набора факторов, причем это соотношение может быть достигнуто довольно разнообразными путями. Фактически вопрос об источнике нередко упирается в определение длительности и

вала времени между попаданием фосфора в среду осадкообразования и моментом фиксации его в осадке, т. е. в определение того, где и как долго находился фосфор перед осаждением. Вопрос этот крайне трудный и даже при строгом определении интересующего нас временного интервала может решаться только косвенными способами. При этом правильность решения задачи не может быть проверена непосредственно. Вопрос о конкретном источнике вещества часто лежит за пределами возможностей основного метода генетических построений — фациального анализа, годного главным образом для выявления условий и обстановок образования сложных геологических тел [31].

Чтобы пояснить это, напомним о фактах сонахождения известняков и вулканогенных (или вулканогенных и красноцветных терригенных) пород. Известен ряд случаев, когда они «тесно переплетаются» в разрезах и совпадают по площади распространения, образуя «закономерные фациальные ряды». Их объединение обусловлено общим характером развития таких территорий — скажем, подвижностью этих районов. Однако, при всем этом, и источники (в определенных формулировках), и способы образования вулканогенного и терригенного (или карбонатного) материала всеми считаются различными. Такая «очевидность» зиждется на некоторых аксиомах: например, «окатанные кварцевые и полевшпатовые зерна красноцветных песчаников имеют наземное происхождение» и т. п.

Для фосфоритов же пока нет подобных аксиом. Это позволяет толковать факты (например, факт переслаивания фосфатоносных пород с вулканическими или перехода от первых ко вторым путем «фациальных переходов») по-разному — в зависимости от взглядов исследователя.

Исходными положениями, на которых базируются гипотезы о фосфоритообразовании, являются следующие: фосфориты образуют самостоятельные пласты или выделения, распределенные внутри слоя (пачки, толщи); фосфатоносные слои прослеживаются, как и большинство вмещающих их пород, на значительные расстояния; выделения фосфатов ассоциируются с объектами морского происхождения; фосфаты содержатся в современных морских водах; имеется физико-химическое обоснование того, что апатиты могут осаждаться из морских вод «нормальной солености»; конкреции фосфатов нередко носят следы перемыва; фосфориты встречаются в ассоциации с определенными породами, в определенных сочетаниях, чаще всего с карбонатными породами.

Эти положения вроде бы позволяют считать, что фосфориты образуются в осадочном процессе; что они, в общем, сингенетичны вмещающей породе или явно первично осадочны; выпадают из морских вод в виде химического осадка или минерализуются с помощью организмов (биохимически); на их образование оказывают большое влияние общие условия седиментации, отражающиеся на характере вмещающих осадков. Однако эти заключения выводятся из перечисленной аргументации весьма не строго. Например, из перечисленных аргументов не следует, что фосфоритовые тела формируются

в самом поверхностном слое из иловых вод, а это уже «осаждения» в обычном смысле зываются с осадочными процессами ложность такому процессу математическом происхождении воров.

Приведенная схема, охватывающая большинство отложений. Обоснование доемое дело. Для фиксации того или иного явления в природе, как правило, но довольно большое число женой любой из перечисленных ренных фосфатов. Конкретного теоретической конструкции. Таким образом, мы перенесли проблему геологической Г. И. Бровкова и др. [17, с. К. Краускопфа по отношению закон химического осаждения системы будет справедлив, морским водам, но и грунтовыми ключается в получении которого могло бы быть моделями, а это, в свою распознавания или распознавания.

Из табл. 4 можно способа фосфатонакопления мов и химическое осаждение.

Организмы — активной биолитной гипотезы, что фосфор в осадках. При что фосфат в залежах химического материала и пористые глинистые слои всегда четкой связи между остатков рый, как известно, составляет организмов при их жизни. тезам, в которых организмовное значение, по крайней шинства морских фосфатов концентрируют фосфаты в тинского их источниках. [23] организмов

фосфора в среду осадкообра-
щения в осадках, т. е. в определение
фосфор перед осаждением.
При строгом определении
интервала может решаться
Тем или правильность реше-
ния непосредственно. Вопрос
каким образом для выявления
сложных геологических

образования известняков
терригенных) по-
предлагаются в разрезах
«закономерные фаши-
характером развития
районов. Однако, при
(процессах), и способы обра-
(материала всеми
на некоторых ак-
зерна красно-

т. п.
Это позволяет толко-
пород с вул-
«фациальных пере-

базируются гипотезы
следующие: фосфориты
выделения, распреде-
фосфатоносные слои
их пород, на
фосфатов ассоциируются
фосфаты содержатся
физико-химическое
из морских
фосфатов нередко по-
в ассоциации с
сочетаниях, чаще

считать, что фосфори-
они, в общем, син-
первично осадочны;
осадка или ми-
(биохимически); на их
общие условия се-
вещающих осад-
из перечисленной
из перечисленных
тела формируются

в самом поверхностном слое осадков; азотит может выпадать
из иловых вод, а это уже процесс, заметно отличающийся от
«осаждения» в обычном понимании. В целом фосфориты свя-
зываются с осадочным процессом вообще, и в противопо-
ложность такому положению высказываются мысли о метасо-
матическом происхождении их под влиянием глубинных рас-
творов.

Приведенная схема (табл. 4), хотя, может быть, и не пол-
ная, охватывает большинство гипотез о генезисе фосфатных
отложений. Обоснование каждой клетки схемы довольно тру-
доемкое дело. Для нас главное — решить, насколько процесс,
фиксированный в клетке, был определяющим для формирова-
ния того или иного месторождения. Перечисленные процессы
в природе, как правило, происходят не в чистом виде; возмож-
но довольно большое число их комбинаций. В принципе возмо-
жен любой из перечисленных способов минерализации раство-
ренных фосфатов. Конкретизация его проводится путем срав-
нения теоретической конструкции с описанием месторождения.
Таким образом, мы переходим от проблемы химической к
проблеме геологической, как правильно замечено в книге
Г. Н. Бровкова и др. [17, с. 119] на основании высказывания
К. Краускопфа по отношению к кремням, ибо установленный
закон химического осаждения фосфата для определенной си-
стемы будет справедлив, скажем, не только по отношению к
морским водам, но и грунтовым. Геологическая же задача за-
ключается в получении такого описания природного объекта,
которое могло бы быть идентифицировано с теоретическими
моделями, а это, в свою очередь, определяется методологией
распознавания или оценивания, критериями оценки качества
распознавания.

Из табл. 4 можно видеть, что намечаются два основных
способа фосфатонакопления: осаждение с помощью организ-
мов и химическое осаждение.

Организмы — активные концентраторы фосфатов, и с по-
зиций биолитной гипотезы легче всего объяснить concentra-
цию фосфора в осадках. При этом логично было бы ожидать,
что фосфат в залежах всегда ассоциирует с остатками органи-
ческого материала и поэтому битуминозные, а также углесто-
глинистые слои всегда обогащены фосфатами. Однако нет
четкой связи между остатками организмов и фосфатом, кото-
рый, как известно, составляет лишь ничтожную весовую долю
организмов при их жизни. В последнее время перешли к гипо-
тезам, в которых организмам отводится, в общем, промежуточ-
ное значение, по крайней мере в процессе образования боль-
шинства морских фосфоритов. Считается, что организмы лишь
концентрируют фосфаты в определенной зоне, не являясь фак-
тически их источником. В «биохимической» гипотезе Г. И. Бу-
шинского [23] организмы лишь доставляют фосфор в илы, где

фат осажден химически. Разумеется, при такой постановке вопроса эта гипотеза пользуется исключительной популярностью, как и все крайне широкие допущения.

Г. И. Бушинский [23], рассмотрев все аспекты гипотезы химического осаждения, пришел к заключению о несостоятельности ее основных положений. Он считает, что фосфатные компоненты «пластовых» фосфоритов формируются в илах, а выпадают из наддонных вод в виде мельчайших частиц не могут, и что эксперименты это положение с достаточной строгостью не подтверждают. Заключение Г. И. Бушинского с дополнением других, чисто геологических, аспектов приложимо к тем работам, в которых возможность хемогенной садки фосфатов обосновывается несколько иным путем, нежели это делалось А. В. Казаковым. Имеются в виду эксперименты и построения А. И. Смирнова [119—122] и А. С. Михайлова [92—94]. Эти работы, в той или иной мере обоснованные с физико-химической стороны, недостаточно согласуются с геологическими данными. Так, в построениях А. И. Смирнова спорным является способ доставки в бассейн требуемых количеств вод-осадителей повышенной щелочности [121], которые, по его мнению, поступают в бассейн, где формируются кремнисто-доломитовые фосфоритоносные формации. Введение такого гипотетического осадителя аналогично привлечению к объяснению происхождения стратиформных месторождений металлов гидротерм магматических очагов. Деятельность щелочных вод-осадителей, возникающих в коре выветривания эффузивных пород и стекающих в море в достаточных количествах, должна была бы вызвать вполне определенные геологические следствия. Если же объяснять отсутствие последних тем, что сток континентальных щелочных вод идет подземным путем (что, вообще-то, вполне возможно), предположение о роли щелочных вод становится, как и в случае с оценкой роли организмов, недоступным для критики, но при этом во многом теряет прогнозный смысл.

Как отмечает сам А. И. Смирнов, в природе действует огромное количество процессов, приводящих растворы к тому состоянию, когда из них может выпасть фосфат. Допустив возможность такого выпадения, мы, действительно, придем к большому разнообразию позиций, в которых встречаются природные фосфатные образования. Получается, что фосфат — это компонент, очень распространенный в осадочных породах почти любого облика, что и подтверждается изучением различных морских и континентальных отложений всех периодов — от архея до четвертичного. Однако крупные залежи фосфоритов встречаются только в трех группах ассоциаций — глауконитовой, терригенно-карбонатной и кремнисто-доломитовой [121]. Надо повторить, что, к сожалению, представления о правилах выделения этих групп крайне нечетки.

Каждая из них (формации — группой сложны видов), на которой «формационной преобраз-

Исследования впечатляющий способ о хемогенном фосфатных его легко переосаждения можно установить на в бесконечной цепи химические законы геологических явлений бами. Их далеко не химическим моделям. Так, налагает на кремневую что вначале химически а затем лучше раствор сейчас такой «моделью» жет оказаться достаточно ния. Сложные геологические мономинеральные (слои) только одних химически

Для привлечения го требуется ввести осадочные породы имеют дение и, кроме того, чения на возможность условий образования могут осаждаться ме того, фосфориты кремнями, железистым образований. И все эти не первичными и могут растворов (имеется в тов известняками в области, к моменту может быть следствием лей, а не изменения го карбоната.

Перевод физико-язык часто затрудняет основных высказываний примененного физико-о происхождении карбонатами... всегда сопровождалось накопления карбоната положение можно установить

Каждая из них (формация — класс) является довольно обширной группой сложных геологических тел (формаций — индивидов), на которой весьма затруднительно оценить четкость «формационной приуроченности» фактически залежей.

Исследования физико-химических равновесных систем — впечатляющий способ доказательства справедливости гипотез о хемогенном фосфатоосаждении. Но в геологических ситуациях его легко переосмыслить так как физико-химические законы можно установить лишь в качестве своего последнего звена в бесконечной цепи причинных обусловленностей. Физико-химические законы действуют с необходимостью, но причины геологических явлений надо изучать вероятностными способами. Их далеко не всегда можно свести к частным физико-химическим моделям. Так, если в разрезе слой известняка налегает на кремневую породу, это еще не позволяет считать, что вначале химически выпал труднорастворимый кремнезем, а затем лучше растворимый известняк. Ни один из геологов сейчас такой «моделью» пользоваться не станет, хотя она может оказаться достаточно логичной с химической точки зрения. Сложные геологические тела (а такими являются даже мономинеральные слои) редко возникают вследствие действия только одних химических законов.

Для привлечения анализа равновесных систем прежде всего требуется ввести постулат о том, что рассматриваемые осадочные породы имеют исключительно хемогенное происхождение и, кроме того, первичны. Это налагает большие ограничения на возможность применения расчетов при определении условий образования фосфоритов. Последние, как сказано, могут осаждаться организмами, адсорбироваться и т. д. Кроме того, фосфориты ассоциируют с известняками, доломитами, кремнями, железистым материалом и множеством других образований. И все эти образования могут оказаться вовсе не первичными и могут возникать вовсе не из насыщенных растворов (имеется в виду морская вода). Так, смена доломитов известняками в Горно-Шорском районе Алтае-Саянской области, к моменту которой приурочено фосфатонакопление, может быть следствием прекращения деятельности водорослей, а не изменения химических условий садки магниезиально-го карбоната.

Перевод физико-химического закона на геологический язык часто затруднителен. Примером может служить одно из основных высказываний в работе А. С. Михайлова [93, с. 6], применившего физико-химические модели к решению вопроса о происхождении фосфоритов: «Взаимоотношения фосфатов с карбонатами... показывают, что накопление фосфатов почти всегда сопровождалось резким замедлением интенсивности накопления карбонатов...» Совершенно верно, как это положение можно установить для уже сформированных на-

пластований. Очевидно, что если в лабораторном эксперименте можно измерить абсолютную интенсивность выпадения компонентов (скажем, определив массу компонента, выпавшую в единицу времени), то в геологической ситуации этого сделать нельзя. Прямая импликация «в случае снижения интенсивности выпадения одного компонента в разрезе осадков он будет замещен другим» справедлива при условии одинаковых скоростей осаждения. Обратная же импликация «если в разрезе А налегает на Б, то во время отложения А интенсивность отложения Б была резко снижена» может оказаться ложной, если скорости осаждения у А и Б разные, если изменились условия фиксации и т. п. Можно сказать, что утверждение о том, что накопление любой породы сопровождается резким замедлением накопления всех остальных, весьма не бесспорно.

Когда в разрезе известняк сменяется фосфоритом, это означает не то, что прекратилось осаждение известняка, а то, что в данном интервале мы не видим известняка. Причины же последнего обстоятельства могут быть вовсе не связаны с абсолютной интенсивностью накопления именно данного компонента, а определяться относительной интенсивностью накопления.

То же самое можно сказать о связи вулканизма с фосфато-накоплением. По-видимому, никто не связывает с вулканизмом фосфориты платформ. В области же геосинклиналей, где вулканизм — явление почти повсеместное и продукты вулканизма часто соседствуют с фосфоритами, эта связь трактуется как причинная. Но точно такую же «связь с вулканизмом» можно найти практически для всех образований геосинклинальных областей. Здесь эта «связь» будет намного сильнее, чем в платформенных областях. Однако относительно известняков и песчаников геосинклиналей никто не говорит, что они связаны с вулканизмом, ибо их генезис определяется с очевидностью.

Словом, физико-химическое моделирование процессов фосфатообразования сталкивается с трудностями проверки справедливости выдвигаемых положений вследствие ограниченности количества известных месторождений, неопределенности границ между классами месторождений (формаций), а также с явной постулированностью генезиса пород, с которыми ассоциируют фосфориты. Поэтому трудно согласиться с утверждением [93, с. 23], согласно которому результаты изучения идеальных систем нельзя переносить на природные бассейны в целом, но можно применять их к отдельным областям. Эти области — не менее сложные системы, чем весь бассейн.

Таким образом, «основной вопрос геохимии карбонатных апатитов: являются ли они обычными химическими осадками, образующимися при пересыщении природных вод, или представляют биогеохимический продукт, например, жизнедеятель-

ности организмов, или же...
ния, получающийся в результате...
в известковое вещество» [93, с. 23].
удовлетворительно решенная...
способов доказательства...
химических моделей...
ных объектов, например...
ненных с фосфором, и т. д.

Следует особо отметить...
путем замещения, которые...
хотя в общих чертах...
Э. Дегенс отмечает, что...
образования залежей...
сита в карбонатфторатах...
низких концентрациях...
апатита, и что «в этом отношении...
напоминают так называемые...
образуются только на стадии...

В обзоре Д. Р. Пивера [156]...
довольно подробно с указанием...
с которыми сталкиваются...
ванные на химических расчетах...
ны также в работе [156]. Д. Р. Пивер...
Дж. Д. Термина и А. С. Познера...
сформированный замещенный...
личается от карбонатапата,...
растворов. В итоге Д. Р. Пивер...
что «неорганическое замещение...
ным ионом морской воды является...
механизмом для образования...

К аналогичному выводу...
торый, сравнив петрографические...
ства фосфатных пеллет...
США, а также пеллет с морской...
нии, пришел к заключению, что...
кальцитовые пеллеты и что эти...
ных морских вод, для чего не...
ных для химического осаждения...

Если учесть, что карбонат...
возникать при реакции с...
жащими фосфат-ионы, и что...
численные описания фосфатных...
до полного замещения...
ваниями, то гипотеза...
грессивной. Остается...
посвящено так мало...
ратуре. Здесь, видимо,...
закова: даже критика в...

ности организмов, или же, наконец, продукт простого замещения, получающийся в результате промывания аннонов PO_4 в известковое вещество» [42, с. 135]. Пока не может считаться удовлетворительно решенным и, по-видимому, потребует иных способов доказательств, нежели визуальное сравнение физико-химических моделей равновесных систем с моделями реальных объектов, например изотопного анализа элементов, соединений с фосфором, и т. п.

Следует особо отметить гипотезу о генезисе фосфоритов путем замещения, которая в нашей стране не очень популярна, хотя в общих чертах вытекает из работ Г. И. Бушинского. Э. Дегенс отмечает, что это — наиболее вероятный способ образования залежей фосфоритов, так как превращение кальцита в карбонатфторапатит происходит при гораздо более низких концентрациях фосфат-иона в кальции, чем осаждение апатита, и что «в этом отношении карбонатные апатиты очень напоминают так называемые первичные доломиты, которые образуются только на стадии догенеза» [42, с. 135].

В обзоре Д. Р. Пивера [186] это заключение разбирается довольно подробно с указанием всех обильных противоречий, с которыми сталкиваются гипотезы фосфатоосаждения, основанные на химических расчетах; эти противоречия перечислены также в работе [156]. Д. Р. Пивер, опираясь на работы Дж. Д. Термина и А. С. Познера, отмечает, что карбонатапатит, сформированный замещением, по строению основательно отличается от карбонатапатита, непосредственно осажденного из растворов. В итоге Д. Р. Пивер приходит к заключению о том, что «неорганическое замещение карбоната кальция фосфатным ионом морской воды является единственным приемлемым механизмом для образования фосфоритов» [186].

К аналогичному выводу приходит Дж. Д. Эмай [165], который, сравнив петрографические и минералогические свойства фосфатных пеллет основных месторождений фосфоритов США, а также пеллет с морского дна у побережья Калифорнии, пришел к заключению, что фосфат заместил первично кальцитовые пеллеты и что этот фосфат принесен из нормальных морских вод, для чего не требуется условий, благоприятных для химического осаждения фосфата кальция.

Если учесть, что карбонатапатит таким способом может возникать при реакции с разбавленными растворами, содержащими фосфат-ионы, и что в литературе можно найти бесчисленные описания фосфатизации карбонатных пород, вплоть до полного замещения карбонатов фосфатными новообразованиями, то гипотеза замещения представляется весьма прогрессивной. Остается только сожалеть, что этому механизму посвящено так мало исследований, особенно в советской литературе. Здесь, видимо, сказался авторитет гипотезы А. В. Кар-

на другие гипотезы, а приводила лишь к попыткам по-новому оговаривать рассматриваемые способы прямого осаждения.

Принятие третьей основной разновидности гипотез фосфоритообразования — гипотезы замещения — открывает новые перспективы, хотя, разумеется, сталкивает и с новыми трудностями. Основная трудность заключается в определении условий, когда такое замещение становится возможным. А возможно оно, очевидно, далеко не всегда; в противном случае мы бы имели огромные площади фосфатизированных карбонатных осадков. Однако эта концепция ориентирует на изучение химических свойств пород, с которыми связана возможность интенсивного замещения карбоната фосфат-ионом.

Современные представления о внутренних преобразованиях в осадочных толщах, о масштабности перемещений веществ внутри толщ и подчиненности этих перемещений слоистым структурам вмещающей среды дают новые интересные возможности объяснять наблюдения и направлять эксперименты. Так, с позиций гипотезы замещения объясняется гораздо проще противоречие между фосфатностью строматолитовых карбонатов и данными о том, что интенсивное обмеление ограничивает процесс фосфатизации, ибо строматолиты характеризуют заливаемый приливом берег и наиболее мелкие воды сублиторальных зон [156].

Интересно отметить, что явные элементы гипотезы замещения можно найти в некоторых современных построениях, опирающихся на переделанный вариант гипотезы А. В. Казакова. Так, Эль-Саид Эль-Тарабили [195], описывая процесс формирования египетских фосфоритовых месторождений, полагает, что фосфаты химически осаждаются на наклонном дне залива вследствие того, что фосфор концентрируется в растворе благодаря организмам, расцветающим в периоды подъема вод. Организмы освобождают фосфор при разложении. Следующее новое поступление глубинных вод (еще не насыщенных до степени осаждения апатита) приводит к дополнительной фосфатизации карбонатного цемента осадков.

Обстоятельностью, плохо учитываемым всеми гипотезами образования фосфоритов, является буферная роль бассейнов фосфатонакопления. Связывая фосфоритоосаждение с деятельностью какого-либо источника фосфора, необходимо принять во внимание модель любого накопительного процесса [52], которая, будучи основана на кумулятивной кривой накопления, показывает, что в геологических ситуациях следствие может отставать от момента максимальной активности причинных факторов на заметные интервалы, возможно соизмеримые с единицами стратиграфической шкалы. Особенно это касается гипотез, рассматривающих первичный источник фосфора (гипотез о связи фосфоритонакопления с вулканизмом и процессами выветривания).

Нередко протезированием и вулканогенной залежей. Согласно из морских вод, фосфат, попадают в насыщенные [65]. По второй гипотезе фосфатом достигается насыщения может быть континента [35, 66 в др.]. В много вариантов тех пересыщения вод фосфатом вызвано потерей мелководье; изменением температуры падать из вод с разным состава и состояния. В между «хемогенной» и «строматолитической» гипотезами, ибо ппальную возможность осаждаются, вторые же две осаждения, а на том который вводил его в морские осаждения для сторонников «тальной» гипотезы не приемлют любые возможности мощью организмов [57, с. 85]. отвлеченный характер и в каком виде пребывали были связаны в осадке, момент поступления фосфата в фактически не фиксированном исследовании различия между их нают стираться. Поэтому первую очередь не являются следствиями из ментально проверены [29].

С этих позиций для «вулканогенной» гипотез практически не оказывается какого времени фосфаты, вытекающие из «вулканогенными» условиями «хемогенной»: фосфат, жен осаждаются там, условия. Бессмысленность в условиях», часто повторяется

Нередко противопоставляет гипотезы о хемогенно-осадочном и вулканогенно-осадочном происхождении фосфоритных залежей. Согласно первой гипотезе, фосфориты осаждаются из морских вод, которые, имея в своем составе растворенный фосфат, попадают в условия, где вода становится перенасыщенной [65]. По второй гипотезе пересыщение морских вод фосфатом достигается вследствие прощельной инвазивного вулканизма [18, 19, 20, 49, 57 и др.]. Отмечая, что причиной пересыщения может быть и абсорбционный процесс фосфатов с континента [35, 66 и др.]. В этих двух концепциях замечается много вариантов тех конкретных способов, которыми достигается пересыщение вод фосфатом. Это пересыщение может быть вызвано потерей водными углеводородами при подъеме на мелководье; изменением соотношений в ионном составе вод; изменением температурных условий и т. д. Фосфат может выпадать из вод с разным его содержанием, в зависимости от их состава и состояния. В итоге означает стираться граница между «хемогенной» и, скажем, «вулканогенной» или «континентальной» гипотезами, ибо первая обосновывает принципиальную возможность осаждения фосфата хемогенным способом, вторые же две заостряют внимание не на способе осаждения, а на том «первоначальном источнике фосфата, который вводил его в морские воды. Характерно, что способы осаждения для сторонников «вулканической» или «континентальной» гипотезы не имеют существенного значения, они приемлют любые возможности, даже способ осаждения с помощью организмов [57, с. 82]. Спор приобретает довольно отвлеченный характер и сводится к рассуждениям о том, где и в каком виде пребывали соединения фосфора до того, как были связаны в осадке, причем интервал времени, отделяющий момент поступления фосфата в воды океана от момента осаждения, фактически не фиксируется. Иначе говоря, при углубленном исследовании правомочности тех или иных гипотез различия между их первоначальными формулировками начинают стираться. Поэтому гипотезы необходимо различать в первую очередь не по содержанию, а по тем связям, которые являются следствиями из этих гипотез и могут быть экспериментально проверены [29].

С этих позиций для различия, например, «хемогенной» и «вулканогенной» гипотез фосфоритообразования критериев практически не оказывается. Если не оговорить, в течение какого времени фосфаты, поступающие в воды морей за счет вулканических аппаратов, должны осадиться, все следствия, вытекающие из «вулканогенной» гипотезы, совпадут со следствиями «хемогенной»: фосфат, откуда бы он ни брался, должен осаждаться там, где для этого возникают благоприятные условия. Бесмысленность утверждения о «благоприятных условиях», часто повторяемого в геологической литературе,

недавно отмечена К. Дж. Хсу [140]. С другой стороны, то следствие, которое выводят из «вулканогенной» гипотезы при более узком ее понимании, а именно: повсеместная ассоциация фосфоритов с продуктами вулканической деятельности и их определенные взаимоотношения (переслаивание или латеральные взаимопереходы), форма и размеры фосфатных тел, ничуть не противоречит тому, что можно вывести из «хемогенной» гипотезы, когда она применяется для районов с усиленной вулканической деятельностью и быстрым осаждением вещества. Однако способ осаждения фосфатов, марганцевых руд и кремней неясен, и поэтому их нередко связывают («парагенетически») с вулканитами.

Поучительна история выявления фосфоритов в геосинклинальных толщах Алтае-Саяно-Байкальской складчатой области. Здесь фосфориты были обнаружены или прямым (радиометрическим) методом, или случайно, или по чисто морфологическим признакам (использовалась эмпирически установленная ассоциация фосфоритов с кремнисто-карбонатными толщами и черными сланцами), т. е. по сходству с фосфатносными породами других районов. Опираясь на следствия, вытекающие из принятой поисковиками «хемогенной» гипотезы, было невозможно, хотя бы вследствие слабой изученности древних кембро-рифейских отложений данной области. Примечательно же то, что, будучи найдены по предпосылкам, которые вначале почти единодушно приписывались «хемогенной» гипотезе, фосфориты Алтае-Саянской области стали примером в поддержку конкурирующей гипотезы — «вулканогенной» [17, 19, 50, 91, 94, 96, 116 и др.].

Заканчивая раздел, трудно удержаться от того, чтобы не привести высказывание Дж. Гриффитса: «Рассматривая историю развития научных исследований, можно ясно увидеть, что многие теории и гипотезы, впечатляющие и интересные в свое время, впоследствии оказывались иллюзорными, вскоре уступая место другим, более приемлемым. В этой эволюции взглядов фундаментом какой-либо гипотезы обычно является подготавливающая ее появление сумма количественных фактов. Проверка же гипотезы заключается в объяснении ею всей накопленной информации и в выработке прогноза, подтверждаемого дополнительными наблюдениями» ([41], раздел 12,2, цит. по английскому оригиналу). Нетрудно заметить, что все имеющиеся гипотезы фосфоритообразования пока только в основном объясняют факты, но, мягко говоря, очень мало предсказывают. Эти гипотезы хотя и «применялись» для обнаружения залежей фосфоритов, но фактически использовались не генетические, а вещественно-морфологические и структурные признаки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Фосфатное вещество, осаждающееся в морские бассейны и содержащееся в осадках, сразу же образует высокие конгломераты и желваки на поверхности, в различной мере рассеянные по площади. Эти рассеянные фосфаты, а также и сплошные пластовые залежи, терпевают изменения в сторону увеличения и т. д., приобретая новые свойства.

В данной работе сделаны выводы, которые приходится решать при оценке о последовательности событий, связанных с залежей богатых сплошных фосфатных Эта последовательность очень сложна и не для всех месторождений является одинаковой.

Отправным пунктом является бассейн, расположенного в равнинной местности к выровненной суше и имеет обильные продукты, обильные фосфатные продукты, обильные фосфатные продукты, обильные фосфатные продукты. Области максимумов концентрации фосфатов и в вертикальном разрезе могут быть множества не поддающиеся детальной изучению, почему конкретные месторождения могут довольно заметно различаться.

Представляется, что одним из основных факторов, влияющих на образование фосфатов, является направление морских течений.

Эти довольно общие выводы, полученные в ходе постседиментационных исследований, могут быть применены к поиску фосфоритовых пачек в различных районах.

другой стороны, то
ной» гипотезы при
местная ассоциация
деятельности и их
вание или латераль-
фосфатных тел, ни-
извести из «хемоген-
районов с усилен-
стрым осаждением
фатов, марганцевых
так связывают («па-

критов в геосинкли-
й складчатой обла-
или прямым (радио-
по чисто морфоло-
ирически установи-
нито-карбонатными
сходству с фосфато-
ваться на следствия,
«хемогенной» гипоте-
слабой изученности
ной области. При-
предпосылкам, ко-
вались «хемогенной»
ности стали примером
вулканогенной» [17,

е от того, чтобы не
Рассматривая исто-
во ясно увидеть, что
е интересные в свое
рными, вскоре усту-
вой эволюции взгля-
явно является под-
рественных фактов.
объяснении ею всей
прогноза, подтверж-
([41], раздел 12,2,
заметить, что все
ния пока только в
е, очень мало пред-
ивсь» для обнару-
использовались
ические и структур-

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Фосфатное вещество, тем или иным путем поставляемое в морские бассейны и содержащееся в морских водах, может поступать в осадки различными способами. В одних случаях оно сразу же образует высококонцентрированные фосфатные корки и желваки на поверхности дна, в других — оказывается в различной мере рассеянным среди породообразующего материала. Эти рассеянные фосфаты механически обогащаются или же благодаря способности перемещаться образуют желваки или сплошные пластовые залежи, которые в свою очередь претерпевают изменения в сторону обогащения или разубоживания и т. д., приобретая новые структурные особенности.

В данной работе сделана попытка рассмотреть вопросы, которые приходится решать при выработке представлений о последовательности событий, приводящей к формированию залежей богатых сплошных руд фосфора пластового облика. Эта последовательность очень сложна и, по-видимому, далеко не для всех месторождений состоит из одинаковых звеньев.

Отправным пунктом является ситуация мелководной части бассейна, расположенного в теплом поясе, которая прилегает к выровненной суше и имеет обмен с глубоководной зоной. Вместе с фосфатом здесь осаждаются кремнистый, карбонатный и тонкозернистый терригенный материал, а также биогенные продукты, обильные вследствие большой продуктивности этой части бассейна, орошаемой питательными веществами. Области максимумов концентрации всех этих веществ в плане и в вертикальном разрезе могут не совпадать, что зависит от множества не поддающихся раздельному учету факторов, почему конкретные месторождения могут в этом отношении довольно заметно различаться.

Представляется, что одним из ведущих факторов, стимулирующих фосфатоосаждение, является глубина бассейна (которая в общем зависит от расстояния от берега), а также режим морских течений.

Эти довольно общие характеристики сильно осложняются ходом постседиментационной истории осадков, когда в фосфоритоносных пачках появляются новообразования, сложные

теми же веществами, которые слагали и первичные осадки, но соизмеримые по величине с первично отложенными телами. Ряд первичных структурных элементов уничтожается; возникают новые структуры кристаллизации; происходят процессы разделения первично сплошной массы на «островки» (грануляция), брекчирования или потери признаков первичной структуры. Часть первичных продуктов и новообразований может со временем совершенно разрушиться с переходом их материала в новые формы обособления или интеграции. Очень возможно, что многие различия в строении древних и более молодых фосфоритоносных пачек объясняются не первичными факторами условий образования, а постседиментационной историей преобразований. В более древних отложениях могут исчезнуть некоторые биогенные структуры пород, появиться пласты и линзы кремней; часть слоев, даже некарбонатные, может заместиться доломитом или кальцитом; могут возникнуть псевдокластические породы, а у продуктивных пластов появиться пеллетно-оолитовая или песчаниковидная структура и т. д.

В тех областях, где первичное насыщение отложенных осадков фосфором было относительно небольшим, могли возникнуть убогие новообразованные «пластовые» руды. Процесс их формирования принципиально неотличим от процесса формирования фосфатных желваков и «плит» внутри осадка. Разница лишь в масштабах и подчиненности формы фосфатных новообразований слоистости вмещающих пород. Возможно, новообразованные руды формировались на более поздней стадии истории отложений, чем ранний диагенез: на глубинах от сотни метров до 1—2 км. Такие выводы в какой-то мере подтверждаются опытом изучения «пластовых» кремневых образований, ассоциирующихся с фосфоритами.

Фосфатные концентрации, образовавшиеся путем перераспределения, как и некоторые стратиформные залежи металлов, судя по всему, могут возникать не только вблизи или на месте первичного обогащения породы данным компонентом. Поэтому часть таких залежей, особенно относительно небольшие по размерам, хотя и имеющие пластообразную форму, может оказаться за пределами чисто осадочного класса, обладая в то же время признаками, истолковываемыми как сингенетические. Возможность столкнуться с такого типа фосфатными образованиями (которым пока трудно подобрать иное название, кроме как постседиментационные или позднедиагенетически-катагенетические, так как при их изучении мы не располагаем четкими критериями различения диагенеза от катагенеза и метагенеза) требует более тщательной проверки заключений о перспективах фосфатопроявлений.

Критическое рассмотрение основных закономерностей размещения пластовых фосфоритов и их интерпретаций показы-

вает, что здесь еще много предстоит сделать. Можно, ряд неясностей, связанных с установлением связей между фосфоритными залежами и вмещающих отложений. В частности, необходимо найти ключ к расшифровке происхождения тех или иных руд, как истинные продукты первичного формирования, распределения в осадках (или в т. п.), возможно, и вторичные образования еще до сих пор остающиеся загадкой. К сожалению, пока не разработаны конкретные и аналитические методы исследования строения и структуры фосфоритов, которые релировались с фосфоритными залежами. Это станет возможным только после разработки по стандартизации достаточного количества профилей и т. п., допускания которых в практику. Пока же приходится довольствоваться данными и громоздкими списками фосфоритных залежей, независимых от того, каковы их истинные условия формирования. Одним из основных препятствий на пути развития наших знаний о закономерностях формирования фосфоритов.

первичные осадки, но
пожненными телами.
ничтожается; возни-
онсходят процессы
«островки» (грану-
ов первичной струк-
образований может
переходом их мате-
интеграции. Очень
древних и более
тся не первичными
тседиментационной
отложениях могут
и пород, появиться
же некарбонатные,
том; могут возник-
дуктивных пластов
ковидная структу-

дение отложенных
небольшим, могли
овые» руды. Про-
личим от процесса
ит» внутри осадка.
и формы фосфат-
их пород. Возмож-
на более поздней
генез: на глубинах
в какой-то мере
овых» кремневых
д.

ся путем перерас-
залежи металлов,
дизи или на месте
ипонентом. Поэто-
ьно небольшие по
ю форму, может
сса, обладая в то
как сингенетиче-
типа фосфатными
рвать иное назва-
зднедиагенетиче-
и мы не распола-
еза от катагенеза
оверки заключе-

омерностей раз-
ретаций показы-

вает, что здесь еще много противоречивого и неясного. Воз-
можно, ряд неясностей вызван желанием генетически истол-
ковывать связи между фосфоритами и некоторыми свойствами
вмещающих отложений. В последних нередко склонны видеть
ключ к расшифровке причин появления фосфоритов, а то вре-
мя как истинные причины фосфоритообразования (скажем, глу-
бины, распределение морских течений, подмывание других
вод и т. п.), возможно, не оставили никаких следов в облике
осадков. Можно полагать поэтому, что гипотезы фосфорито-
образования еще долго останутся на уровне объяснений.

К сожалению, пока не удастся также сформулировать
конкретные и аналитически выраженные данные о таком со-
держании и структуре разрезов, которые бы эффективно кор-
релировались с фосфоритовостью разной степени. Это
станет возможным только после большой кропотливой работы
по стандартизации достаточно детальных описаний разрезов,
профилей и т. п., допускающих автоматическую обработку
данных. Пока же приходится оперировать с крайне расплыв-
чатыми и громоздкими словесными описаниями, форма кото-
рых независимо от того, свое это описание или чужое, стала
одним из основных препятствий на пути дальнейшего углуб-
ления наших знаний о закономерностях размещения фосфо-
ритов.