

УДК 551.352:553.32

ХАРАКТЕРИСТИКИ МАРГАНЦЕВЫХ МИКРОКОНКРЕЦИЙ КАК ИНДИКАТОРЫ УСЛОВИЙ СЕДИМЕНТАЦИИ В ПЕЛАГИЧЕСКИХ ОСАДКАХ

© 2016 г. **В. Н. Свальнов**¹, Т. Н. Алексеева¹, П. А. Ивлиев²¹Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва²Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, геологический факультет

e-mail: tania@blackout.ru

Поступила в редакцию 10.03.2015 г.

В северной тропической зоне Тихого океана (Северо-Восточная котловина) изучены пелагические осадки трех колонок, включая гранулометрический и вещественный состав, число, массу и распределение в них протосингенетических аутигенных марганцевых микроконкреций (МК). Разрезы представлены четвертичными окисленными бескарбонатными глинисто-радиоляриевыми, радиоляриево-глинистыми илами, миопелагическими глинами, иногда обогащенными радиоляриями, доплейстоценовыми миопелагическими и эвпелагическими глинами, цеолитово-глинистыми осадками, цеолититами. Опираясь на фактические данные (объем влажного осадка, массы сухого осадка и микроконкреций, их число и соотношение четырех фракций, вклад МК в осадок и др.), были рассчитаны величины для различных параметров. Они оказались статистически близкими, что позволило выявить фоновые и аномальные горизонты осадков, высказать предположения об условиях их накопления. Сходные значения параметров $P_{МК}/N_{МК}$, $P_{фр} > 0.05$ мм, $P_{МК}/P_{ос}$ и массы микроконкреций, позволяют считать именно эти показатели в основном отражающими изменчивость условий пелагического осадконакопления.

DOI: 10.7868/S0030157416010202

ВВЕДЕНИЕ

Взаимосвязанные проблемы стратификации и определения темпов накопления нелитифицированных океанских осадков, отобранных гравитационными ударными трубками, решаются в настоящее время по-разному:

1. Прямое определение абсолютного возраста (несколько модификаций).
2. Расчленение разрезов по микропалеонтологическим, палеомагнитным и литологическим (литостратиграфия) данным.
3. Определение последовательности напластований последних 15–20 тыс. лет с учетом физических и химических свойств осадков, степени переработки их бентосными организмами (биотурбации).

Из названных выше методик определения скорости осадконакопления и расчленения разрезов наиболее просты и универсальны литостратиграфия, а также степень переработки (биотурбация) осадков последних 15–20 тыс. лет бентосными сообществами.

Интенсивность процессов биотурбации, выраженная в текстурных и геохимических характеристиках осадков, служат надежным критерием при литологической стратификации самых верхних слоев разрезов.

Бергер [11] предложил генерализованную стратиграфию по илоодам, основанную на большом разнообразии зарывающихся организмов и окраске осадков. Он оценивает абсолютный возраст верхнего гомогенного слоя в 5–16 тыс. лет. Если учесть отношения различных показателей осадков верхнего (гомогенного) слоя к аналогичным характеристикам осадков каждого нижележащего слоя, можно оценить возраст нижележащих слоев. Решая обратную задачу, можно оценить возраст осадков всего вскрытого непрерывного разреза, опираясь на литостратиграфию и сходные (в среднем) относительные темпы седиментации.

В случае отсутствия в колонке слоев с надежной стратификацией (природная неполнота разреза, потери при опробовании ударной грунтовой трубкой и др.) определение абсолютного возраста верхнего гомогенного слоя невозможно, однако, взяв за основу любой самый верхний горизонт разреза, можно оценить тенденцию относительного изменения во времени того или иного параметра.

Цель работы – определить изменчивость условий осадкообразования в северной низкопродуктивной зоне Тихого океана, исследуя распределение и другие параметры марганцевых микроконкреций в разрезах без выраженного гомогенного слоя и при его отсутствии (возможной потере при опробовании грунтовой трубкой, природной неполноте разреза и др.) В качестве опорных вели-

чин выбраны сходные значения параметров $P_{МК}/N_{МК}$, $P_{фр} > 0.05$ мм, $P_{МК}/P_{ос}$ и $P_{МК}$, хотя рассматриваются соотношения и других параметров:

$P_{ос}$ — масса сухого осадка при постоянном объеме влажного осадка — 8 см^3 ,

$P_{фр} > 0.05$ мм, г — масса всей фракции осадка размером более 0.05 мм,

$P_{МК}$, г > 0.05 мм — масса всех МК размером более 0.05 мм,

$N_{МК}$, шт. — число МК в штуках.

Соотношение фракций МК > 0.05 мм, % — granulometрия МК размером более 0.05 мм:

Масса одной МК ($P_{МК}/N_{МК}$), в мкг — средняя масса единичной МК в микрограммах,

$N_{МК}/V_{во}$, шт/см³ — число МК в единице объема осадка,

$N_{МК}/P_{ос}$, шт/г — число МК к массе осадка.

Вклад МК в осадок ($P_{МК}/P_{ос}$), % — масса всех МК в массе сухого осадка.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Изученные осадки были получены гравитационной трубкой большого диаметра (ТБД) на 6-ти геологических станциях в 41-м рейсе НИС “Дмитрий Менделеев” (1988 г.) в Северо-Восточной котловине Тихого океана. Колонки характеризуют переход северной периферии пояса биогенного кремненакопления к непродуктивной субтропической зоне на глубинах 3970–4620 м. Только на станциях 3903 и 3905 (поверхностный слой) вскрыты осадки с заметной примесью биогенных компонентов: окисленные радиоляриево-глинистые и глинисто-радиоляриевые (местами с диатомеями) илы и миопелагические глины, обогащенные радиоляриями. В колонке 3903 обнаружены погребенные железомарганцевые конкреции и их фрагменты [4]. Другие разрезы (станции 3905, 3922, 3923, 3940-3, 3940-14) в основном представлены четвертичными миопелагическими глинами с железомарганцевыми конкрециями в поверхностном слое и перемежающимися доплейстоценовыми эвпелагическими глинами, цеолитово-глинистыми осадками, цеолититами и миоценовыми миопелагическими глинами.

При изучении осадков были использованы стандартные методики: макроскопическое описание колонок, просмотр шлифов и смерслайдов (мазков), гранулометрический, иммерсионный и химический анализы, рентгеновская дифрактометрия, электронная сканирующая микроскопия, атомная абсорбция, рентгено-флюоресцентный метод. Особое внимание было уделено получению монофракций марганцевых микроконкреций (МК) — разнообразных по форме протосингенетических [4] аутигенных рудных стяжений размером до 1 мм, образованных в океане коллоидно-химическими, хемосорбционно-каталитическими и микробиологическими про-

цессами вблизи раздела вода—дно. Микроконкреции формируются в самой верхней пленке жидкого ила [3], являясь самостоятельной формой концентрирования оксидогидроксидов марганца и железа на начальной стадии рудного процесса в океане.

В Индийском и Тихом океанах в основании вскрытого гравитационными трубками пелагического разреза залегают окисленные существенно аутигенные “немые” эвпелагические глины, главными составляющими которых являются новообразованные смектиты, цеолиты, марганцевые микроконкреции и костный детрит [1, 4].

Выше по разрезу эвпелагические глины постепенно или с заметным перерывом перекрываются окисленными аутигенно-терригенными миопелагическими глинами. Наиболее древние (миоценовые) разновидности этих глин также заметно обогащены аутигенными образованиями — цеолитами, смектитами, целестобаритом, МК, однако они содержат определяемые остатки планктонных организмов с опаловым или карбонатным скелетом. За пределами приэкваториального пояса биогенного кремненакопления в Индийском и Тихом океанах возраст миопелагических глин постепенно уменьшается по мере приближения к обрамлению, а местами они залегают на поверхности дна, т.е. формируются в современных условиях. Основу четвертичных миопелагических глин составляют терригенные обломочные и глинистые минералы, нередко встречается в них примесь радиолярий и диатомей, возможные остатки планктонных фораминифер и кокколитофорид; аутигенные минералы (цеолиты, смектиты, МК) только изредка становятся осадкообразующими. Вверх по разрезу миопелагические глины постепенно сменяются радиоляриево-глинистыми илами. Как правило, вскрытый четвертичный миопелагический разрез завершают глинисто-радиоляриевые осадки, нередко включающие слои этмодискуссовых (диатомовых) илов [1, 2, 4]. Выше уровня критической глубины карбонатонакопления (КГК) кровлю разреза венчают кокколито-фораминиферовые осадки.

В соответствии с циркумконтинентальной зональностью четвертичной седиментации прослеживается постепенный фациональный переход пелагических отложений в гемипелагические. В основном разрез здесь представлен терригенными гемипелагическими восстановленными глинами, в разной степени обогащенными кремнистыми и карбонатными остатками, однако их поверхностный слой толщиной 1–50 см обычно довольно интенсивно окислен. Находки гемипелагических глин среди пелагических осадков не только подтверждают постепенность фациональных переходов, но и свидетельствуют об эпизодическом формировании в пелагической терригенных турбидитов сверхдальнего разноса [1].

В окислительной обстановке пелагических областей оксидогидроксиды железа и марганца морфологически представлены в виде железомарган-

цевых корок, макро- и микроконкреций, а также в форме оксидных пленок на биогенных остатках (зародышевые МК) и неокристаллизованных коллоидов. Рудные корки образуются вблизи границы вода—осадок за счет взвешенных в водной толще оксигидроксидов железа и марганца. Их состав не зависит от субстрата, который непременно должен быть достаточно плотным. Макроконкреции (ЖМК) своей нижней частью всегда погружены в осадок, а верхней — контактируют (до момента захоронения) с придонной водой, соответственно в их составе отражается влияние процессов, протекающих в двух разных средах.

В отличие от рудных корок и конкреций МК оформляются главным образом в поверхностной пленке всех типов окисленных океанских осадков, никогда не возвышаясь над дном. Достигнув оптимальной величины, соизмеримой с толщиной геохимически активного слоя (около 0.25 мм), они, подчиняясь закону гравитации и воздействию новых порций поступающего на дно осадочного материала, опускаются ниже активного слоя. Дальнейшая судьба МК диктуется условиями захоронения. В окислительной обстановке они не меняют своих характеристик, но самые крупные из них индивидуально или в совокупности могут послужить ядрами макроконкреций. В субокислительной среде МК частично растворяются, подпитывая рудными элементами нижнюю поверхность ЖМК, или наращивают собственные оболочки. В восстановительных условиях МК полностью растворяются и пополняют запасы железа и марганца в вышележащих окисленных осадках. Для зарождения микроконкреций нет ограничений по скорости седиментации, т.е. они формируются в любых фашиальных обстановках океана с окислительной средой на разделе вода—дно [4, 5].

Практическая значимость ЖМК на много порядков выше, чем МК, однако в ряду корки → макроконкреции → микроконкреции последние являются наиболее “чистым” событийным объектом исследования. Несомненно, велико значение МК для восстановления условий осадкообразования, поскольку они образуются на разделе вода—дно, чутко реагируют на изменения параметров придонной среды, имеют краткую историю формирования и адекватно отражают в своем составе вариации условий седиментации в момент зарождения [3–9, 12, 13]. К параметрам среды отнесены следующие показатели: скорость осадконакопления, рельеф дна, глубина, тектонический режим, скорость придонных течений, возможность поступления эндогенного рудного вещества, биопродуктивность планктонных и бентосных сообществ, рН, Eh, содержание реакционноспособного органического вещества, размеры бассейна седиментации, интенсивность редукционных процессов. Исходя из способности МК адекватно отражать в своем химическом и минеральном составе параметры среды в момент зарождения, и предпринято настоящее исследо-

вание значения микроконкреций при интерпретации условий седиментации, включая тренды относительных скоростей осадкообразования и некоторые палеособытия.

Микроконкреции были получены для последующих пересчетов после промывки через капровый газ (ячейка около 0.05 мм) проб влажного осадка объемом ($V_{\text{во}}$) 8 см³. Оставшуюся на сетке фракцию высушивали на воздухе или при температуре 50–700°C и взвешивали, получая массу фракции ($P_{\text{фр}}$) > 0.05 мм. МК отбирали вручную под биноклем, отмечая их цвет, форму, характер поверхности, состав ядер и внутреннее строение (в аншлифах). После взвешивания определяли суммарную массу микроконкреций ($P_{\text{МК}}$) > 0.05 мм и число МК ($N_{\text{МК}}$), а в результате ситового рассева получали четыре фракции МК (мм): >0.5, 0.5–0.25, 0.25–0.1, 0.1–0.05. Оценив массу каждой фракции микроконкреций, подсчитывали соотношения между ними (%). Из полученных данных нетрудно было рассчитать среднюю массу (мкг) единичной МК ($P_{\text{МК}}/N_{\text{МК}}$), число МК в см³ влажного осадка ($N_{\text{МК}}/V_{\text{во}}$) и в грамме сухого осадка ($N_{\text{МК}}/P_{\text{ос}}$), оценить процентный вклад МК в осадок ($P_{\text{МК}}/P_{\text{ос}}$). Кроме того, фактические данные позволяют определить не приведенные в таблице (из-за ее громоздкости) долю (%) фракции >0.05 мм в сухом осадке ($P_{\text{фр}}/P_{\text{ос}}$), вклад МК (%) во фракцию осадка >0.05 мм ($P_{\text{МК}}/P_{\text{фр}}$) и во влажный осадок ($P_{\text{МК}}/V_{\text{во}}$), объем влажного осадка (мм³) на единичную МК ($V_{\text{во}}/N_{\text{МК}}$) и (см³) на 1 мг МК ($V_{\text{во}}/P_{\text{МК}}$) [5].

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Комплексные исследования марганцевых микроконкреций в пелагических осадках Индийского и Тихого океанов свидетельствуют [1, 4, 7, 10], что в общем случае наибольшее число МК встречается в эвпелагических и миопелагических глинах, меньше их, как правило, в кремнисто-глинисто-кремнистых и карбонатных илах. По мере приближения к источникам эндогенного вещества количество МК в однотипных осадках обычно увеличивается [2, 11].

Благоприятными условиями для их формирования являются: низкие скорости осадконакопления, склоны поднятий, интенсивные придонные течения.

Для цели настоящего исследования наиболее важно то обстоятельство, что численность, масса единичной микроконкреции, а также вклад МК во фракцию крупнее 0.05 мм и в осадок в целом имеют обратную связь со скоростью седиментации (рис. 1), отражающей конечный результат взаимодействия различных факторов осадкообразования [5].

В разрезах станций 3922, 3923, 3940–3 голоценовые осадки не идентифицированы. Данные по этим колонкам послужили основой для выявле-

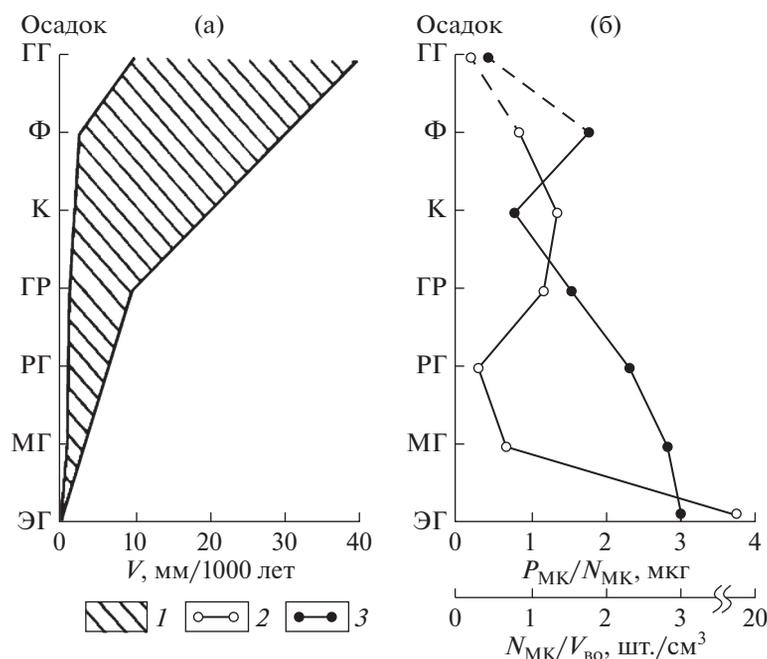


Рис. 1. Скорость седиментации основных типов глубоководных осадков (а), среднее число МК в них и средняя масса одной МК (б) [5].

1 – пределы колебаний скорости седиментации; 2 – среднее число МК в 1 см³ влажного осадка; 3 – средняя масса одной МК; основные типы отложений: Ф – фораминиферовый осадок, К – кокколитовый ил, ГР – глинисто-радиоляриевый ил, РГ – радиоляриево-глинистый ил, ГГ – гемипелагическая глина, МГ – миопелагическая глина, ЭГ – эвпелагическая глина.

ния вариаций параметров $P_{фр}$, $N_{МК}$, $N_{МК}/V_{во}$, $N_{МК}/P_{ос}$, $P_{МК}$, $P_{МК}/P_{ос}$, $P_{МК}/N_{МК}$. Разрезы без верхнего гомогенного слоя интересны с позиций определения тенденций изменения во времени тех или иных характеристик пелагических осадков и железомарганцевых микроконкреций (см. выше). При этом основные выводы опираются на отношения параметров верхнего горизонта осадков к характеристикам нижележащих слоев.

Ст. 3922 находится в северной непродуктивной зоне Тихого океана. Вскрытый здесь разрез мощностью 430 см представлен тонким слоем окисленных плейстоценовых миопелагических глин (МГ) с железомарганцевыми конкрециями, постепенно перекрывающим пачку доплейстоценовых эвпелагических глин, цеолитово-глинистых осадков (ЦГ), цеолититов (Ц) и миопелагических глин (МПГ), границы между которыми постепенные или резкие (рис. 1).

Массы высушенных проб ($P_{ос}$) одинакового объема (8 см³) осадка естественной влажности соответствуют выделенным типам глин (рис. 2), однако масса доплейстоценовых миопелагических глин (МПГ) заметно пониженная относительно поверхностного горизонта (10–12 см). Судя по распределению в колонке фракции >0.05 мм ($P_{фр}$), условия накопления глин были довольно устойчивыми, хотя в интервалах разреза 110–142 и 410–422 см наблюдается снижение доли этой фракции, что может соответствовать эпизодам

увеличения относительной скорости седиментации. Сходная картина распределения в колонке 3922 характерна и для параметров $N_{МК}$, $N_{МК}/V_{во}$, $N_{МК}/P_{ос}$: увеличение скорости возможно в интервалах 110–172, 270–272, 380–382, 410–422 см. Несколько отличные горизонты роста темпов седиментации выявлены по вариациям $P_{МК}$ и $P_{МК}/P_{ос}$ – 60–62, 110–172, 240–292, 320–332, 370–372, 400–422 см. Противоположный тренд прослеживается для массы единичной микроконкреции ($P_{МК}/N_{МК}$), которая, по-видимому, в основном контролируется вещественно-генетическим типом осадка.

Таким образом, на примере колонки 3922 видно, что относительные изменения параметров осадков и МК позволяют выделить неоднородности разреза и судить, опираясь на выявленные ранее закономерности (см. выше) [4, 5], о скоростях пелагической седиментации.

Ст. 3923 расположена в северной непродуктивной зоне Тихого океана. Вскрытый гравитационной трубкой разрез мощностью 376 см представлен окисленными плейстоценовыми миопелагическими глинами с железомарганцевыми конкрециями в поверхностном слое. Ниже залегают с постепенными границами раздела эвпелагические глины (ЭГ), цеолитово-глинистые осадки (ЦГ), цеолититы (Ц) (рис. 3). Несмотря на редкую сетку опробования, в колонке 3923 проявились те же закономерности распределения параметров, что и в близком по составу разрезе на ст. 3922. От-

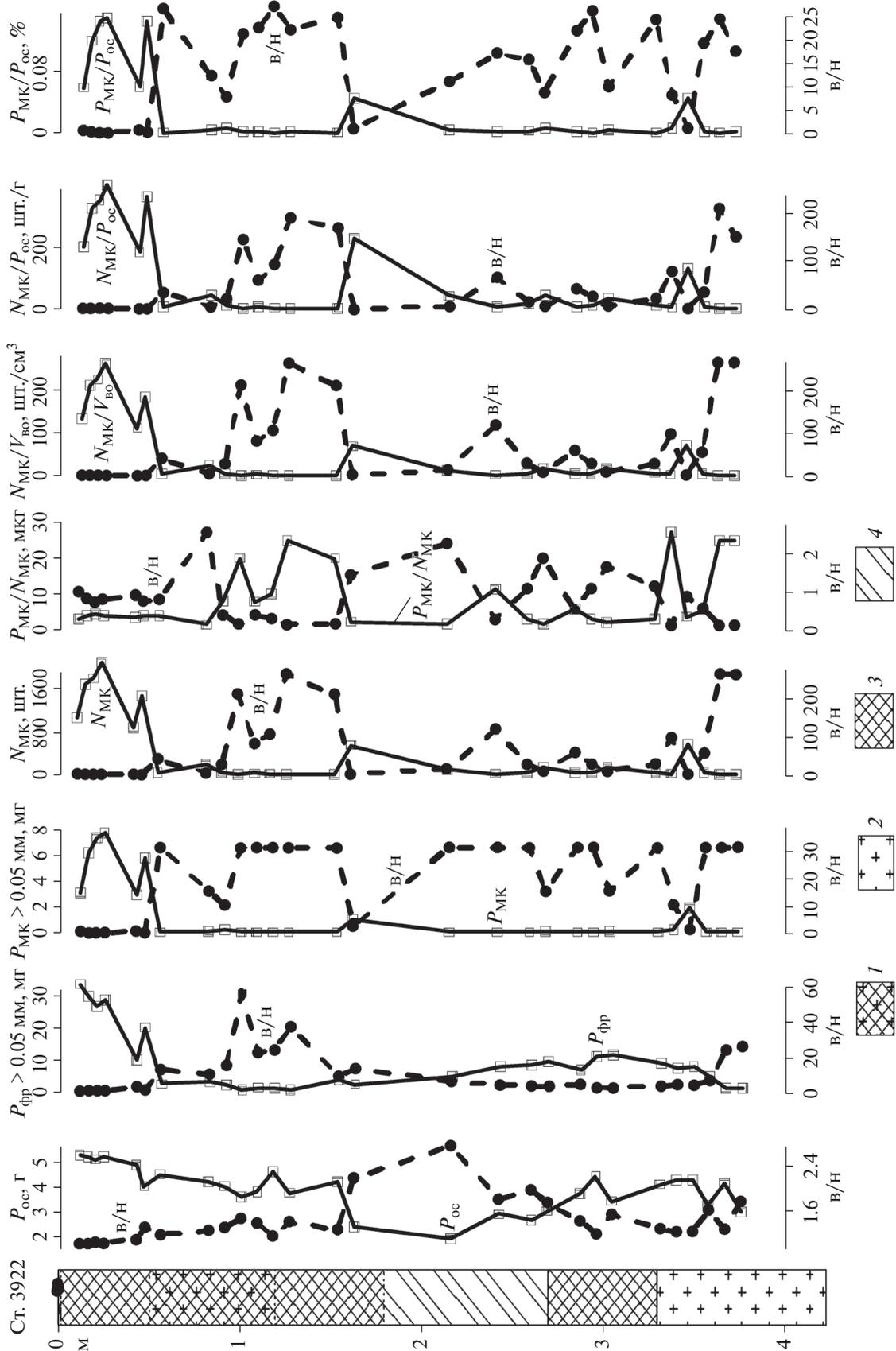


Рис. 2. Стрессор осадочной толщи на ст. 3922, отношения показателей верхнего и нижележащих горизонтов осадков и микроконкреций (в/н). 1 – цеолитово-глинистый осадок, 2 – цеолит, 3 – долейстоновая эвлаггическая глина, 4 – плиоцен-миоценовая миоэлаггическая глина.

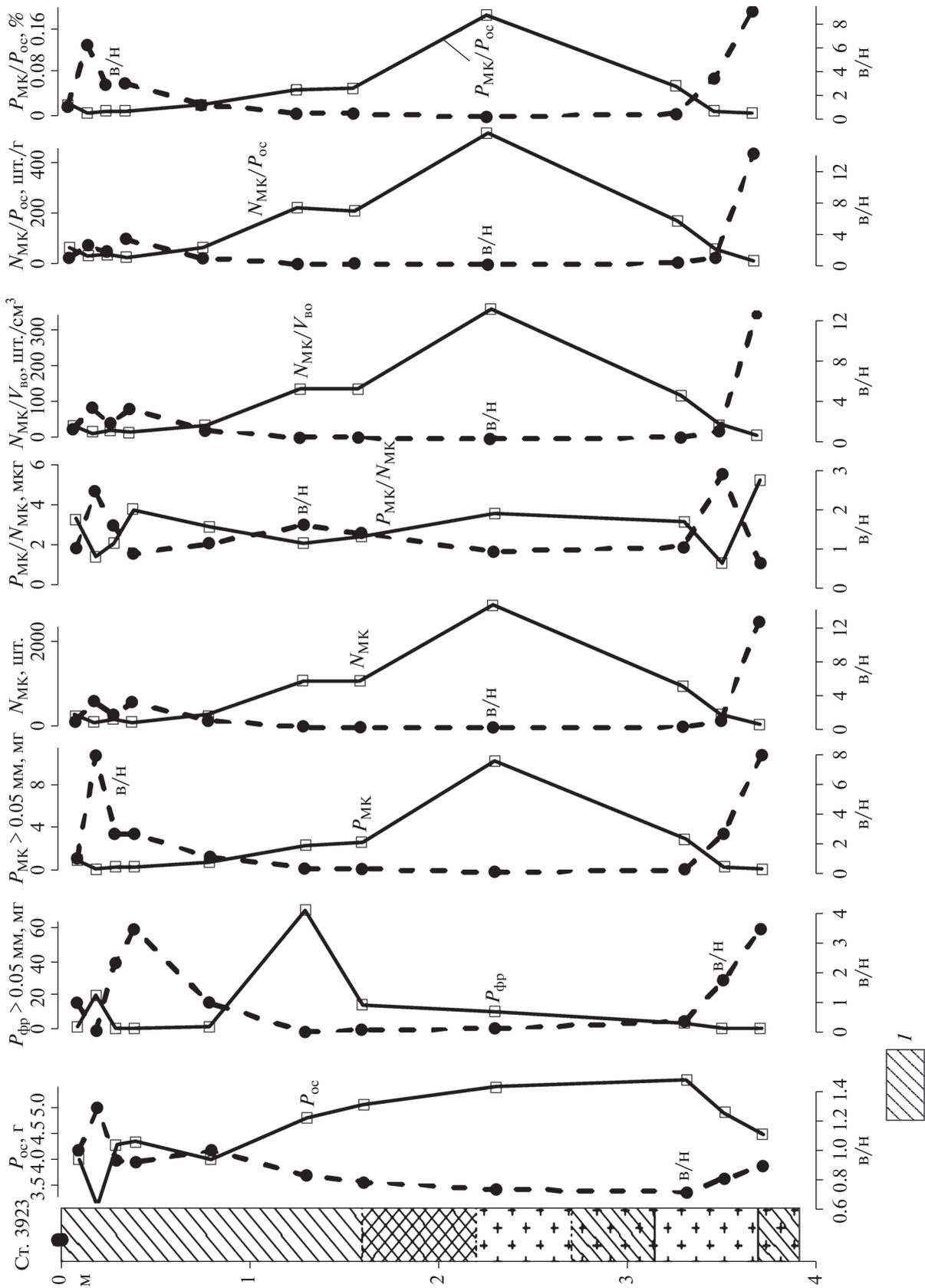


Рис. 3. Строение осадочной толщи на ст. 3923, отношения показателей верхнего и нижележащих горизонтов осадков и микроконкреций (в/н). I – плейстоценовая мипелагическая глина. Остальные условные обозначения см. на рис. 2.

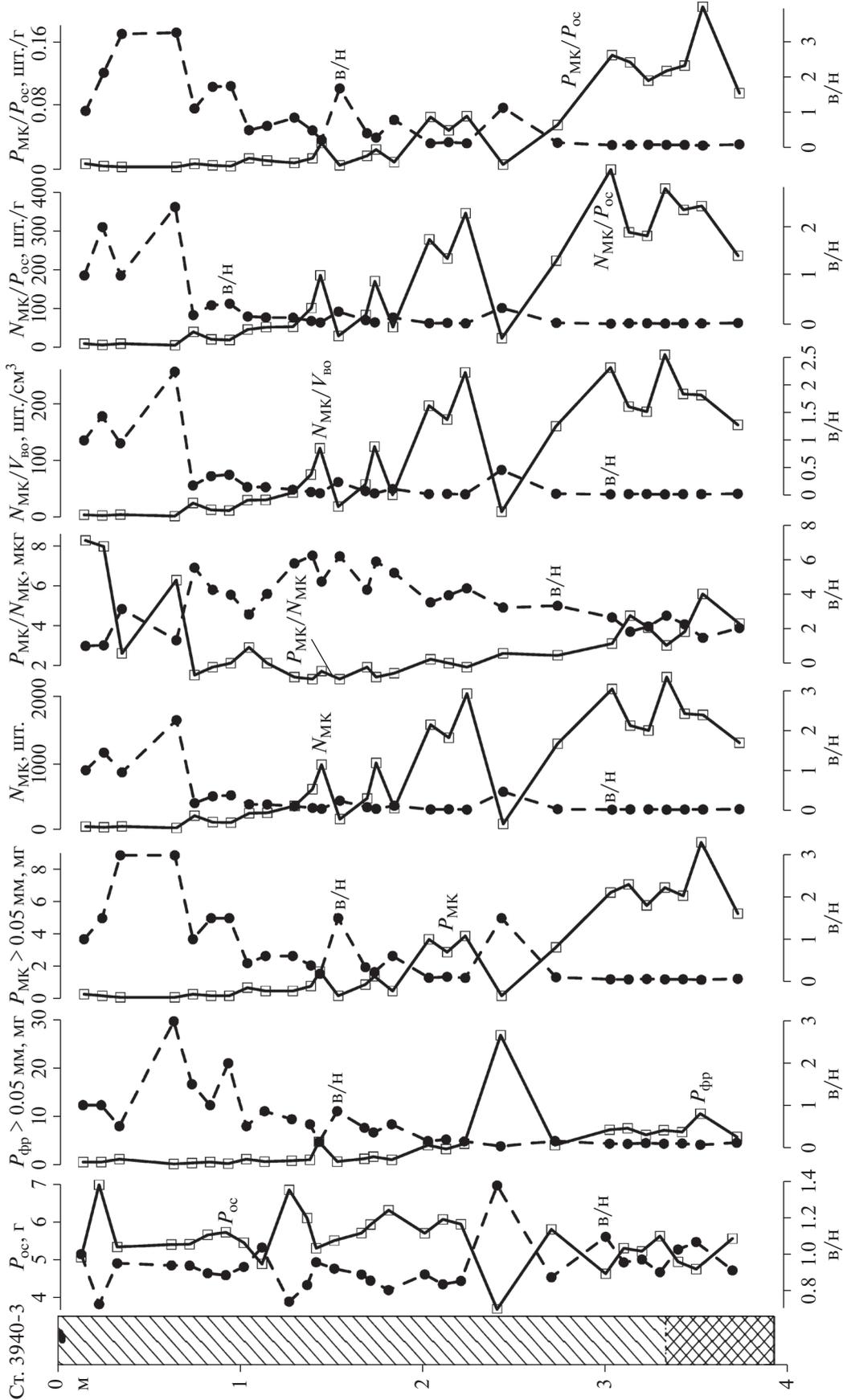


Рис. 4. Строение осадочной толщи на ст. 3940-3, отношения показателей верхнего и нижележащих горизонтов осадков и микроконкреций (в/н). Условные обозначения см. на рис. 2, 3.

носительное увеличение скорости осадконакопления возможно только на уровнях 20–22, 40–42 и 370–372 см, т.е. формирование пелагических глин происходило в достаточно стабильных условиях.

Ст. 3940-3 также находится в северной непродуктивной зоне Тихого океана. Вскрытый здесь разрез мощностью 393 см представлен (рис. 4) окисленными плейстоценовыми миопелагическими глинами с железомарганцевыми конкрециями в поверхностном слое. В основании колонки с постепенным переходом залегают эвпелагические глины.

На фоне стабильных условий седиментации можно предположить увеличение темпов осадконакопления на уровнях 30–62, 150–152, 240–242 см.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В колонках 3922, 3923, 3940-3 (рис. 2–4) по типу распределения параметры сгруппированы следующим образом: ($P_{\text{фр}}$, $N_{\text{МК}}$, $N_{\text{МК}}/V_{\text{во}}$, $N_{\text{МК}}/P_{\text{ос}}$); ($P_{\text{МК}}$, $P_{\text{МК}}/P_{\text{ос}}$); $P_{\text{МК}}/N_{\text{МК}}$ (противоположный остальным показателям тренд).

В исследованных колонках подсчитаны вариации параметров позволяющих судить об относительных темпах осадконакопления.

Комплексное исследование пелагических осадков низкопродуктивной зоны Северо-Восточной котловины Тихого океана позволило выявить и проследить тренды вариаций различных параметров. Эти тренды позволяют судить об изменчивости интенсивности осадконакопления по отношению к верхнему слою разреза на границе вода–дно.

Интерпретация результатов выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 14-50-00095, Т.Н. Алексеева).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Свальнов В.Н. Четвертичное осадкообразование в восточной части Индийского океана. М.: Наука, 1983. 192 с.
2. Свальнов В.Н. Литология и стратиграфия // Железо-марганцевые конкреции центральной части Тихого океана. М.: Наука, 1986. С. 36–67.
3. Свальнов В.Н. Литостратиграфия // Железо-марганцевые конкреции Центральной котловины Индийского океана. М.: Наука, 1989. С. 96–97.
4. Свальнов В.Н. Динамика пелагического литогенеза. М.: Наука, 1991. 256 с.
5. Свальнов В.Н. Океанские марганцевые микроконкреции как индикатор условий седиментации // Тихоокеанская геология. 2001. Т. 20. № 6. С. 57–69.
6. Свальнов В.Н., Горшков А.И., Успенская Т.Ю. и др. Минералогия марганцевых микроконкреций. Сообщение 1. Биологически непродуктивные зоны Мирового океана // Литология и полезн. ископаемые. 1997. № 5. С. 458–469.
7. Свальнов В.Н., Ляпин А.Б., Новикова З.Т. Марганцевые микроконкреции. Сообщение 1. Общая характеристика и распределение в пелагических осадках // Литология и полезн. ископаемые. 1991. № 3. С. 3–20.
8. Свальнов В.Н., Ляпин А.Б., Новикова З.Т. Марганцевые микроконкреции. Сообщение 2. Состав и происхождение // Литология и полезн. ископаемые. 1991б. № 4. С. 32–50.
9. Свальнов В.Н., Новикова З.Т., Казакова В.П. Состав крупноалевритовой фракции осадков // Железо-марганцевые конкреции Центральной котловины Индийского океана. М.: Наука, 1989. С. 127–134.
10. Свальнов В.Н., Успенская Т.Ю., Горшков А.И. и др. Минералогия марганцевых микроконкреций. Сообщение 2. Биологически продуктивные зоны Индийского и Тихого океанов // Литология и полезн. ископаемые. 1997. № 6. С. 636–648.
11. Berger W.H. The bantic interface of deep-sea carbonates: A three-tiered sequence controlled by depth of deposition // The dynamic environment of the ocean floor. Toronto: Lexington Books, 1982. P. 95–114.
12. Stoffers P., Schmitz W., Glasby G. P. et al. Mineralogy and geochemistry of sediments in the Southwestern Pacific Basin: Tahiti – East Pacific Rise – New Zealand // N.Z.J. Geol. and Geophysics. 1985. V. 28. P. 513–530.
13. Sugisaki R., Ohashi M., Sugitani K., Suzuki K. Compositional variations in manganese micronodules: A possible indicator of sedimentary environments // J. Geol. 1987. V. 95. № 4. P. 433–454.

Manganese Microconcretions Characteristic as Indicator of Sedimentation Pelagic Sediments

V. N. Svalnov, T. N. Alekseeva, P. A. Ivliev

In the northern tropical Pacific (North East Basin) studied pelagic sediments from three to six speakers, including particle size and composition, number, mass and distribution in them protosingeneticheskikh authigenic manganese micronodules (MC). Opie-rayas on actual data (volume of wet sediment dry weight of sediment and microconcretions, their number and the ratio of four fractions in sediment contribution MK et al.), were calculated for the time-value of various parameters. They were statistically similar, which revealed the background and anomalous precipitation horizons, make assumptions about the conditions of their accumulation. Similar values of the parameters- $R_{\text{МК}}/N_{\text{МК}}$, $R_{\text{ДФ}} > 0.05 \text{ mm}$, $R_{\text{МК}}/R_{\text{ос}}$ and mass microconcretions (RCC) allow schief these figures mainly reflect the variability of conditions pelagic sediments-accumulation.