

УДК [563.125.2/4+561.251+550.42 : 546.21.02] : 551.793/4(265.58)

*М. Г. Бирюлина, С. А. Горбаренко, О. А. Ткалич, И. В. Уткин***О РАСЧЛЕНЕНИИ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ В ОДНОМ ИЗ РАЗРЕЗОВ РАЙОНА МАРИАНСКОЙ ОСТРОВНОЙ ДУГИ**

Приводятся данные о видовом составе, палеоэкологии и условиях захоронения планктонных фораминифер и кокколитофорид позднелайстоцен-голоценового возраста района Марианской островной дуги, а также

сведения о литологии глубоководных осадков и результаты исследования изотопного состава раковин фораминифер.

Четвертичные отложения района Марианской островной дуги изучены авторами на примере колонки осадков В5-24, поднятой в 5-м рейсе НИС «Вулканолог» в восточной части Филиппинского моря между Западно- и Восточно-Марианскими хребтами, в котловине, называемой Марианской или Восточно-Марианской, в точке с координатами $15^{\circ}27,9'$ с. ш. и $143^{\circ}21,2'$ в. д., на глубине 3300 м. Близлежащий район характеризуется сильной расчлененностью рельефа; горизонтальные поверхности практически отсутствуют. Станция расположена на довольно крутом склоне подводной возвышенности, вблизи подножья; бровка склона возвышенности находится на глубине около 2500 м, а тальвег — на глубине 3600 м.

Разрез (рис. 1) сложен осадками, представленными переходными разностями от фораминиферовых илов к красным глубоководным глинам. Очевидно, опробованные осадки залегают вблизи фораминиферового лизоклина, уровень которого колеблется во времени. По минеральному составу осадки представлены в основном двумя компонентами: глинистыми минералами и карбонатным веществом (раковинами планктонных фораминифер, часто ожелезненными, и их обломками — в песчаных и алевроитовых фракциях, тонкообломочным карбонатом и скелетами кокколитофорид — в пелитовых). С уменьшением глубины лизоклина карбонатный материал либо полностью исчезает, либо сохраняется частично в осадке, и осадок содержит лишь пелитовый глинистый материал (коричневого цвета, из-за высокого содержания гидроокислов железа), т. е. близок к красным океаническим глинам, хотя в нем часто бывают рассеяны отдельные наиболее крупные раковины планктонных фораминифер.

При увеличении глубины лизоклина сохраняется весь или почти весь карбонатный материал, и осадок является известково-глинистым (по данным выборочного взвешивания в полевых условиях, после растворения в соляной кислоте остается около 70% пелитового глинистого вещества). Бескарбонатные осадки относятся к пелитовым илам (содержат более 70% пелитовой фракции), а известково-глинистые — к алевроитопелитовым (содержат 65—70% пелитовой фракции); погребение осадка преимущественно связано с наличием планктонных фораминифер и их обломков.

В осадке наблюдается примесь вулканотерригенного материала (продукта водной дезинтеграции вулканических пород), который, очевидно, поступил с вышележащих привершинных участков склона. Он встречается: а) в виде отдельных песчаных зерен, вероятно попавших в осадок при медленном, постепенном перемещении их вниз по склону, т. е. при крипе (на горизонте 39—46 и 56—69 см); б) в виде гнезд и прослоев черного мелкозернистого песка с текстурами перемешивания с илом, образовавшихся, вероятно, в результате быстрого перемещения материала в виде осыпи или суспензионного потока (на горизонте 24—39 см). Очевидно, что часть биогенных частиц (например, скелеты дочетвертичных видов кокколитов) также была привнесена в осадок путем перемещения по склону, однако для более молодых четвертичных видов установить признаки подобного перемещения затруднительно.

От поверхности до ~ 40 см осадок полужидкий, с 40 до 145 см — мягкий, ниже — довольно резко становится вязким и плотным.

По колонке ст. В5-24 изучены планктонные фораминиферы и кокколиты, а также опреде-

лен изотопный состав кислорода раковин планктонных фораминифер одного вида *Globigerinoides conglobatus* (Brady).

Кроме определения видового состава подсчитаны количественные соотношения видов в процентах, построены палеоклиматическая кривая (рис. 2, а), кривые содержания общего количества родов и видов в колонке (рис. 3, а), а также кривая содержания самого массового вида *Globigerinoides conglobatus* (Brady) (см. рис. 2, б). При определении степени относительной теплопроводности видов и построении палеоклиматической кривой использована методика М. С. Бараша [1, 2].

Отмечена разная степень сохранности раковин. Фауна на горизонтах 52—69, 113—143, 170—187 см характеризуется хорошей сохранностью, на остальных отмечены признаки растворения (см. рис. 2, 3). Ниже горизонта 143 см видовой состав фораминифер уменьшается сначала до 12, затем до 8 и даже до 4 видов (см. рис. 3, а).

Планктонные фораминиферы разделены на 4 климатические группы.

Бореальная группа представлена двумя видами: *Globigerina pachyderma* и *Globigerina bulloides*. Количество экземпляров этой группы (от общего количества планктонных фораминифер) составляет не более 3,9%, за исключением горизонта 162—170 см, где оно достигает 16,4%. В некоторых горизонтах бореальная группа вообще отсутствует (0—5, 24—62, 69—83, 113—120 см).

Субтропическая группа представлена пятью видами: *Globigerina falconensis*, *Globorotalia truncatulinoides*, *G. scitula*, *G. crassaformis*, *G. inflata*. *Globorotalia truncatulinoides* присутствует во всех интервалах колонки, за исключением тех, в которых особенно сильно влияние растворения и количество видов ограничено. Другой часто встречающийся вид — *Globorotalia scitula*. Остальные виды присутствуют sporadически. Количество экземпляров субтропической группы от общего количества планктонных фораминифер по колонке составляет от 0 до 10,9%.

Тропическая группа представлена тепловодным родом *Globigerinoides* — *G. conglobatus*, *G. ruber*, *G. trilobus*, а также видами *Neoglobobulimina dutertrei*, *Orbulina universa*, *Globorotalia tumida*. Эти шесть видов составляют большую часть раковин планктонных фораминифер, от 57,0 до 81,3%, в среднем 68,6%. Самым массовым является вид *Globigerinoides conglobatus*. Содержание его составляет от 10,2 до 49,6%, в среднем 28,3% (от общего количества экземпляров планктонных фораминифер). Пики наибольшего содержания вида наблюдаются вслед за периодами растворения (см. рис. 2, б).

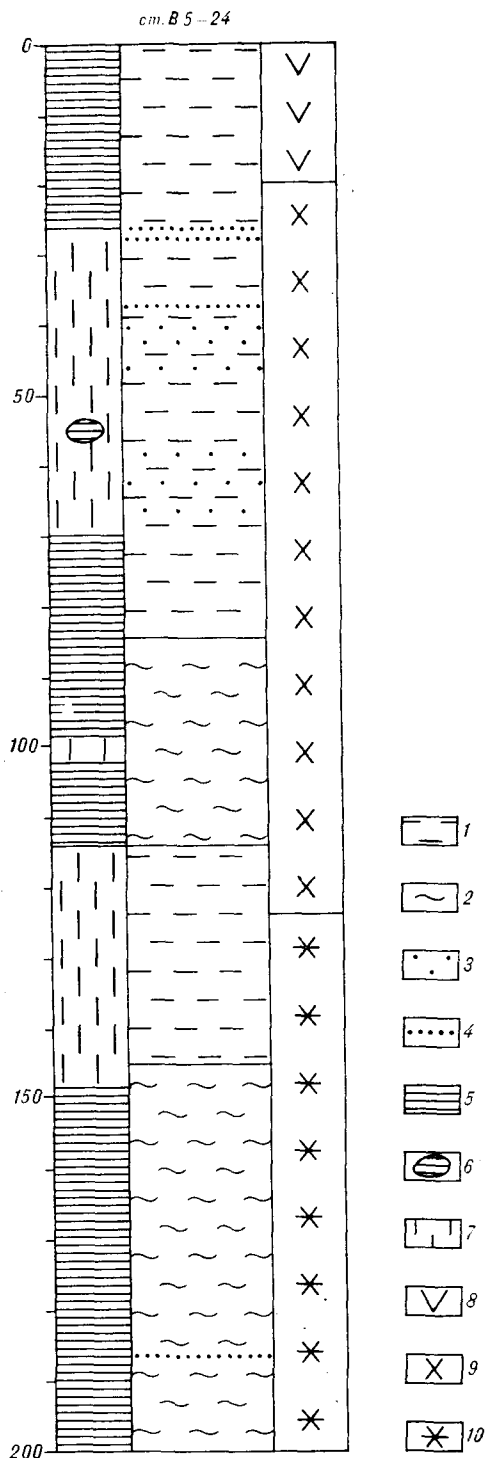


Рис. 1. Цвет (колонка слева), литология (по центру) и консистенция (колонка справа) осадков станции В5-24.

1—2 — известково-глинистый и глинистый или (1 — алевропелитовый, 2 — пелитовый); 3 — примесь вулканотерригенного материала песчаной размерности; 4 — прослой и гнезда вулканотерригенного песчаного материала (с текстурными волочениями); цвет осадка: 5—6 — темно-коричневый (5 — основной массы осадка, 6 — отдельных крупных пятен), 7 — зеленовато-серый и серый; консистенция осадка: 8 — жидкая, 9 — мягкая, 10 — повышенной плотности.

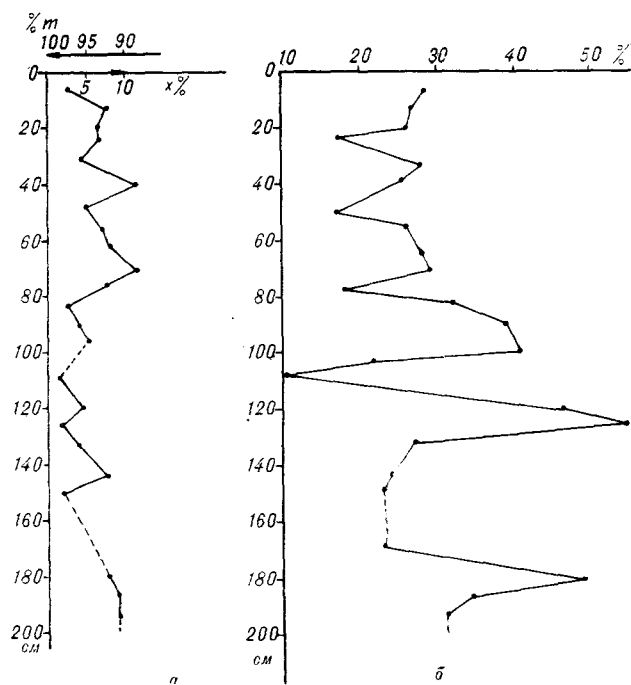


Рис. 2. Колебания количественного соотношения планктонных фораминифер: а — палеоклиматическая кривая по комплексу фораминифер, ось абсцисс — процентное соотношение фораминифер: г — тепловодных, х — холодноводных; б — распределение *Globigerinoides conglobatus* (Brady) в процентах от общего количества планктонных фораминифер; пунктиром показаны периоды интенсивного растворения.

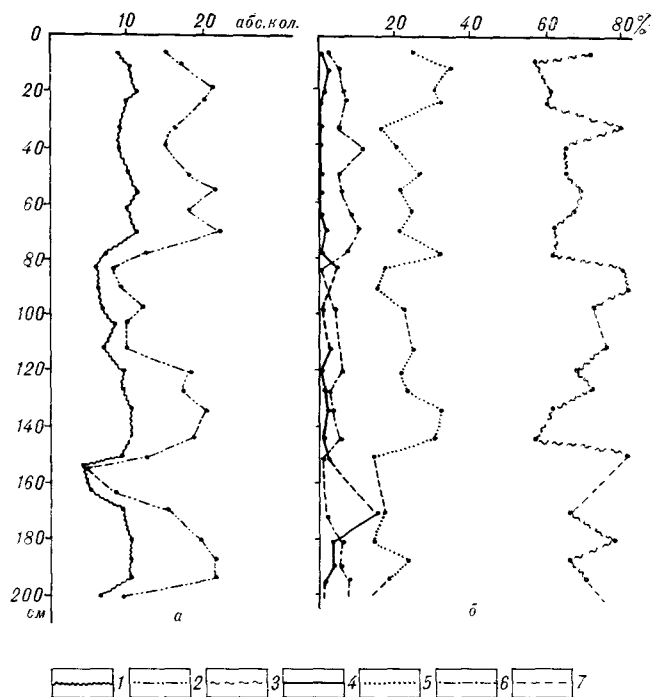


Рис. 3. Колебание группового соотношения планктонных фораминифер: а — число родов (1) и видов (2); б — процентного соотношения климатических групп: тропической (3), бореальной (4), экваториальной (5), субтропической (6); 7 — периоды интенсивного растворения.

Тропическо-экваториальная группа наиболее представительна. Это *Globigerinoides sacculifer*, *G. cf. fistulosus*, *Globorotalia menardii*, *G. cf. flexuosa*, *Globigerinella siphonifera*, *Pulleniatina obliquiloculata*, *Candeina nitida*, *Sphaeroidinella dehiscens*, *Globigerina digitata*. По числу экземпляров она стоит на втором месте после тропической группы и составляет от 13,6 до 34,4%, в среднем 22,8%.

На основании соотношения тепловодных и холодноводных видов построена палеоклиматическая кривая. Для этого в каждом образце подсчитывалось процентное соотношение раковин; виды объединялись в климатические группы. Бореальная и субтропическая для данного района отнесены к холодноводной группе, а тропическая и тропикоэкваториальная — к тепловодной. Палеоклиматическая кривая (см. рис. 2, а; 3, а, б) хорошо сопоставляется с кривыми распределения кокколитов (рис. 4). При похолодании, отраженном на палеоклиматической кривой, происходит уменьшение количества тепловодного вида кокколитов *Ceratolithus cristatus* и увеличение числа вида *Rhabdosphaera claviger*.

Кривая общего количества видов в комплексе (см. рис. 3, а) близка к палеоклимати-

ческой. При похолодании число видов уменьшается, при потеплении — возрастает. Некоторые несовпадения, по мнению авторов, происходят за счет наложения эффекта растворения.

От верхнего до нижнего горизонта, за исключением горизонтов усиленного растворения, в колонке присутствует руководящий вид *Globorotalia truncatulinoides*, характерный для одноименной зоны Блоу [7]. Эта зона (в широком смысле) охватывает плейстоцен — голоцен. Весь комплекс в целом позволяет сузить интервал, ограничив его зоной *Globigerina calida* (поздний плейстоцен — голоцен) [7].

Верхнюю часть колонки можно разделить на 4 части, что видно на кривых колебания численности вида *Globigerinoides conglobatus* (см. рис. 2, б), палеоклиматической (см. рис. 2, а) и общего количества видов (см. рис. 3, а).

Нельзя не отметить своеобразие фауны планктонных фораминифер. В интервале ниже 31 см присутствует *Globorotalia cf. flexuosa* (за исключением интервалов интенсивного растворения). Как отмечали Болли и Премоли Сильва [8], в Атлантическом океане *G. flexuosa* характерен для зон *Globorotalia crassaformis hessi* и *Globigerina calida calida* (средний и поздний плейстоцен), но близкая форма *Glo-*

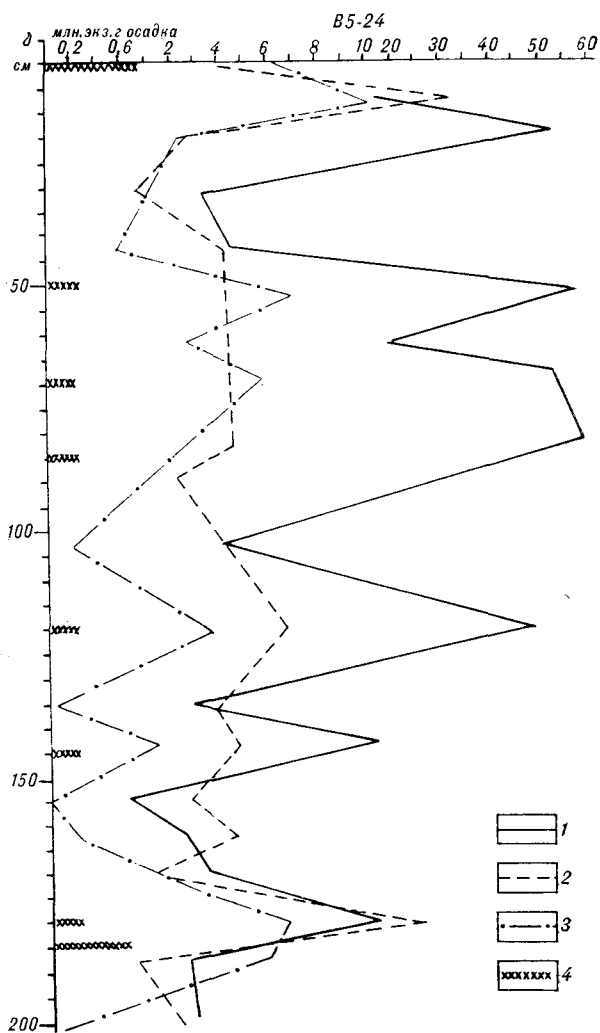


Рис. 4. Динамика численности кокколитофорид в осадках колонки В5-24.

1 — *Rhabdosphaera claviger*, 2 — *Ceratolithus cristatus*, 3 — *Hellicopontosphaera carteri*, 4 — *Coccolithus pelagicus*.

borotalia menardii (d'Orb) forma *neoflexuosa* встречена в современном планктоне тропической части Тихого океана [5]. Возможно, *G. cf. flexuosa* является переходной формой. Для ответа на этот вопрос необходимо специальное исследование. Обращает на себя внимание также расцвет тепловодного вида *Globigerinoides conglobatus*.

По всей длине колонки встречены остатки следующих современных видов кокколитов: *Ceratolithus cristatus*, *Rhabdosphaera claviger*, *Hellicopontosphaera carteri*, *Umbilicosphaera mirabilis*, *Cyclococcolithus leptoporus*, *Gephyrocapsa oceanica*, *Coccolithus doricoides*, *Coccolithus pelagicus*. Повсеместно наблюдается привнос дочетвертичных видов, таких как *Ceratolithus primus*, *Ceratolithus rugosus*, *Ceratolithus tricorniculatus*. С горизонта 103 см отмечены в небольших количествах представи-

тели группы дискоастер. По составу танатоценоз близок к типичному субтропическому комплексу, описанному для Тихого океана [4].

Для наиболее массовых видов были сделаны количественные подсчеты (см. рис. 4). Наибольших значений (50,4 млн. экз/г осадка) достигает содержание *Rhabdosphaera claviger*, наименьших (от 200 до 800 тыс. экз/г осадка) — *Coccolithus pelagicus*, *Ceratolithus cristatus*, *Hellicopontosphaera carteri* занимают промежуточное положение.

Наиболее холодноводный из приведенных видов — *Coccolithus pelagicus*. Это биполярный вид, распространенный в Тихом океане севернее 28° с. ш. и южнее 38° ю. ш. *Rhabdosphaera claviger* характеризуется как умеренно тепловодный вид, типичный для субтропических районов. В Тихом океане он распространен от 15 до 40° с. ш. (в Западно-Каролинской впадине — до 5° с. ш.) и между 12 и 30° ю. ш., является индикатором умеренно тепловодных условий. *Ceratolithus cristatus* — тепловодный вид, приуроченный к тропической и субтропической зонам Тихого океана от 34° с. ш. до 28° ю. ш. Экологическая характеристика *Hellicopontosphaera carteri* предполагает его идентичность с таковой для *Rhabdosphaera claviger*, что иллюстрируется поведением кривых, представленных на рис. 4.

С самых первых горизонтов (12 см) отмечены поврежденные кокколиты, количество которых увеличивается по мере продвижения вниз по колонке, что свидетельствует о близком положении глубины лизоклина. Бурное развитие *Rhabdosphaera claviger* сопровождается появлением в небольших количествах холодноводного *Coccolithus pelagicus*. Уменьшение количества кокколитов коррелируется с развитием пелитовых илов (см. рис. 1).

Интервал 0—103 см характеризуется наибольшими количествами остатков (ниже общая численность кокколитов начинает снижаться). Здесь наблюдаются четыре вспяски развития *Rhabdosphaera claviger*, совпадающих с появлением *Coccolithus pelagicus*, что позволяет выделить соответственно четыре горизонта. В нижней части колонки по этому же признаку выделяются два горизонта.

Данные по изотопному составу кислорода (δO^{18}) имеются только для фораминифер вида *Globigerinoides conglobatus* (Brady). Анализ δO^{18} карбоната кальция раковин проводился на отечественном масс-спектрометре МИ-1309 по стандартной методике [3]. Углекислый газ выделялся из $CaCO_3$ по методике Н. Шеклтона [9] при температуре 50° С. Точность анализа $\pm 0,2\%$ на 95%-ном доверительном уровне. По результатам изотопно-кислородного анализа (рис. 5) в колонке отмечается увеличение δO^{18} планктонных фораминифер в интервале 98—

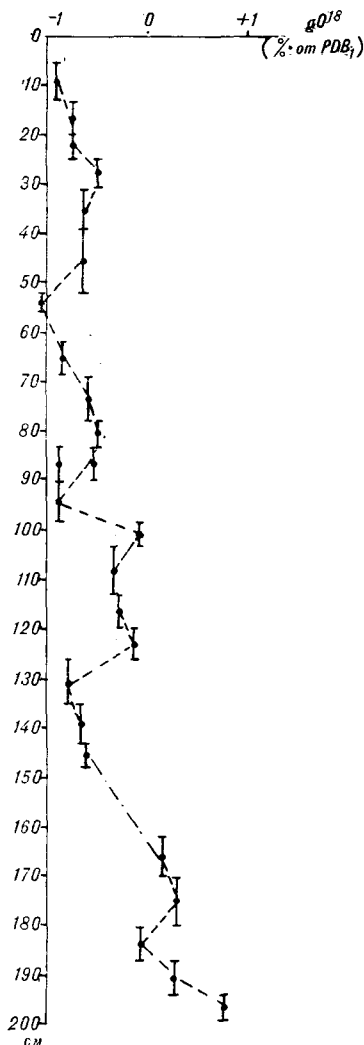


Рис. 5. Изотопный состав кислорода карбонатного скелета *Globigerinoides conglobatus* (Brady); вертикальными отрезками показана длина исследованных образцов (по разрезу колонки), ось абсцисс — соотношение изотопного состава кислорода проанализированной пробы и международного стандарта PDB₁.

126 см (примерно на 0,8‰) и ниже 162—170 см (примерно на 1,2‰).

Известно, что во время материковых оледенений по изотопному составу кислород воды океана был «тяжелее» современного примерно на 1—1,5‰. Максимальные температурные колебания поверхностных вод за последние 18 тыс. лет в этом регионе, по данным группы CLIMAP [10], составляли 2°C, и температурные изменения δO¹⁸ карбонатов не превышали 0,4‰. Поэтому можно предположить, что осадки горизонта 98—126 см и ниже 148 см отлагались во время оледенений. Незначительное «утяжеление» δO¹⁸ карбоната (примерно на 0,5‰) отмечается на горизонте 24—62 см. Причины этого явления недостаточно ясны. Возможно, оно представляет собой региональ-

ные колебания δO¹⁸ в пределах одной изотопной стадии, но не исключена возможность «сглаживания» изотопной записи вследствие широких интервалов отбора, переноса выше лежащих осадков и др.

Если предположить, что осадки отлагались без значительных перерывов и отсутствовало переотложение, то по изотопно-стратиграфической шкале Н. Шеклтона и Н. Опдайка [10] граница изотопных стадий 1 и 2 в данной колонке находится примерно на уровне 98—103 см. Однако при более детальном изучении осадков отметка этой границы, возможно, расположится выше. По данным абсолютных датировок, переход от стадии 1 к стадии 2 соответствует возрасту от 10 до 13—16 тыс. лет [6], т. е. граница верхнего плейстоцена и голоцена, по изотопным данным, расположена на отметке 98 см или выше.

Итак, исследованные осадки залегают вблизи глубины фораминиферового и кокколитового лизоклина, положение которого, вероятно, изменялось во времени. Следствием этого явилось чередование горизонтов глинистых темноокрашенных илов, соответствующих горизонтам растворения микрофауны, со светлоокрашенными известковыми осадками с карбонатным наннопланктоном и скелетами фораминифер хорошей сохранности.

По комплексу планктонных фораминифер и кокколитов их можно отнести к позднему плейстоцену — голоцену (для планктонных фораминифер это зона № 23, по Блоу [7]), без более дробного деления. Однако количественный учет отдельных видов фораминифер и кокколитов в сочетании с определениями O¹⁸/O¹⁶ позволил обосновать более подробную стратификацию и предварительно наметить плейстоцен-голоценовую границу.

По всем данным (литологическим, микропалеонтологическим и изотопным), отмечается наличие резкой границы на горизонте примерно 145 см. Ниже по колонке одновременно сокращается количество карбонатного вещества, изменяется плотность осадка, уменьшается число фораминифер и кокколитов, изотопная кривая изменяется в сторону похолодания вод. По данным изотопно-кислородного анализа, осадки этой части колонки отлагались во время ледниковой эпохи. В верхней части колонки (0—145 см), также по комплексным данным, можно выделить четыре горизонта более мелкого порядка: 145—103, 103—62, 62—31, 31—0 см. Каждый горизонт соответствует одному циклу похолодания и потепления. Судя по изотопным данным, плейстоцен-голоценовая граница находится не ниже 98 см от верха колонки. Отмечена необычность видового состава фораминифер и кокколитов. Обнаружен вид *Globorotalia* cf. *flexuosa*, систематическое и

стратиграфическое положение которого не ясно и допускает наряду с указанным выше положением плейстоцен-голоценовой границы (98 см) возможное положение 31 см. Группа дискоастеров, с которой обычно связывают плиоцен-плейстоценовую границу, отмечена со 103 см и ниже. Возможно, это объясняется привнесом биогенных частиц из более древних осадков или региональными особенностями существования указанных организмов. Исходя из оценки положения границы голоцен — верхний

плейстоцен, можно предположить, что скорость осадконакопления в изученном районе Филиппинского моря была не более 10 см за 1000 лет.

При обсуждении результатов необходимо учесть существенный фактор — расположение колонки вблизи лизоклина, что могло оказать влияние на видовой и количественный состав микрофауны, а также на результаты определения O^{18}/O^{16} .

ЛИТЕРАТУРА

1. *Бараш М. С.* Палеогеографические реконструкции по четвертичным планктонным фораминиферам.— В кн.: Образ жизни и закономерности расселения современной и ископаемой микрофауны. Новосибирск: Наука, 1974. (Тр. ИГиГ СО АН СССР, вып. 333).
2. *Бараш М. С.* Четвертичные палеотемпературы океанов и некоторые палеогеографические реконструкции.— В кн.: Современные проблемы геологии морей и океанов. М.: Наука, 1980.
3. *Игнатъев А. В., Горбаренко С. А., Киселев В. П.* К методике исследования температур роста морских организмов изотопно-кислородным методом.— В кн.: Палеобиогеография морских беспозвоночных. Новосибирск: Наука, 1980.
4. *Ушакова М. Г.* Биогеографическая зональность карбонатного наннопланктона в поверхностном слое донных осадков Тихого, Атлантического и Индийского океанов.— В кн.: Микропалеонтология океанов и морей. М.: Наука, 1974.
5. *Adelseck C. J.* Living *Globorotalia menardii* (d'Orbigny) forma *neoflexuosa* from the eastern tropical Pacific ocean.— *Deep-Sea Research*, 1975, v. 22.
6. *Berger W. H., Johnson R. F., Killingsley J. S.* "Unmixing" of the deep sea record and the deglacial melt-water spike.— *Nature*, 1977, v. 269, N 5630.
7. *Blow W. H.* Late Middle Eocene to recent planctonic foraminifera biostratigraphy.— In: Proc. 4-th. Intern. Conf. Planctonic Microfossils. Geneva, 1967; Leiden, E. J. Brill, 1969.
8. *Bolli H. M., Premoli Silva J.* Oligocene to Recent planctonic foraminifera and stratigraphy of the Leg 15, Sites in the Caribbean Sea.— In: Edgar N. T., Saunders J. B. et al. Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project. V. 15. Washington, D. C. (U. S. Gov. Print. Off.), 1973.
9. *Shackleton N. J.* Attainment of isotopic equilibrium between ocean water and the benthonic foraminifera genus *Uvigerina*: isotopic changes in the ocean during the last glacial.— In: Variation du climate au cours du Pleistocene. Paris, CNRS, ed. J. Labeyrie, 1974.
10. *Shackleton N. J., Opdyke N. D.* Oxygen isotope and paleomagnetic stratigraphy of equatorial Pacific core V 28-238: oxygen isotope temperatures and ice volumes on a 10^5 and 10^6 year scale.— *Quaternary Research*, 1973, v. 3.

ТОИ ДВНЦ АН СССР
Владивосток

Поступила в редакцию
10 июня 1983 г.