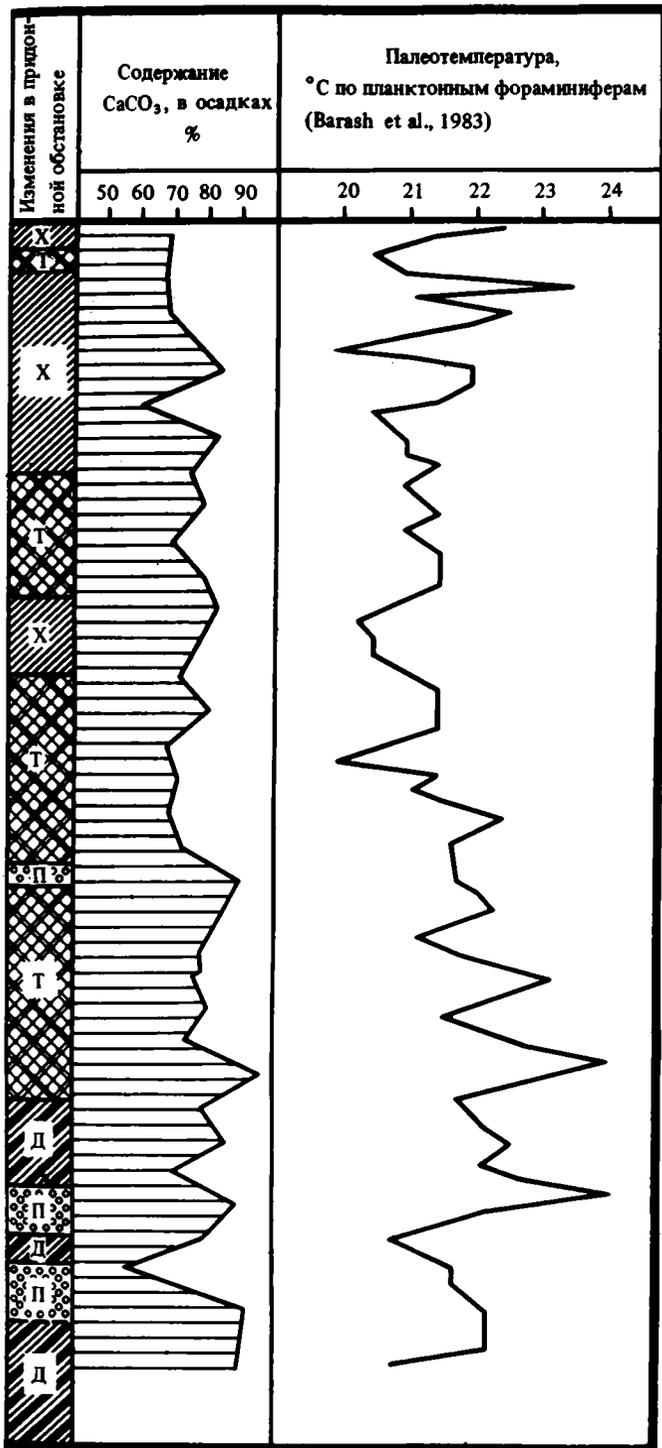


Рис. 2. Изменения в сообществах бентосных фораминифер и в придонной обстановке на станции 518 (глубина 3944 м) в конце плиоцена и в плейстоцене

1 — *Nuttallides umbonifera*, 2 — *Epistominella exigua*, 3 — *Pullenia osloensis*, 4 — *Oridorsalis tenerus*, 5 — *Cibicides*



wuellerstorfi, 6 — *Globocassidulina subglobosa*, 7 — *Cibicides kullenbergi*, 8 — остальные виды; х — холодноводные, агрессивные к карбонатам придонные условия, т — тепловодные спокойные придонные условия, д — холодноводные динамичные придонные условия, п — перетолженные осадки

большим содержанием фрагментов раковин планктонных фораминифер и редкими целыми их формами, с низкой карбонатностью (менее 60% CaCO₃). Возрастание скорости течения ПАВ на глубине 4200 м находит отражение в увеличении среднего размера частиц отлагающихся здесь осадков в сравнении с осадками меньших глубин. Глубже 4500 м карбонатный материал в канале Вима не сохраняется.

Определенная связь с водными массами была обнаружена и в составе бентосных фораминифер (Lohmann, 1978). Исследования Дж. Лоуманна показали, что для сообщества фораминифер, развитого в зоне влияния ПАВ, характерен вид *Nuttallides* (*Epistominella*) *umbonifera*, а для сообщества, распространенного в районах циркуляции ГСАВ, свойственно разнообразие видов, преобладание миллиолид и представителей родов *Oridorsalis* и *Cibicides* (*C. wuellerstorfi*, *C. kullenbergi*). Сообщество зоны перехода между ПАВ и ГСАВ или нижней ветви циркумполярных вод отличает присутствие *Globocassidulina subglobosa* и представителей рода *Uvigerina*. Основываясь на выявленных связях фораминифер со структурой вод в районе Риу-Гранди, Л. Петерсон и Дж. Лоуманн (Peterson, Lohmann, 1982) проанализировали изменения в составе ассоциаций фораминифер в двух колонках (из позднеплейстоценовых отложений канала Хантер с глубины 4411 м и канала Вима с глубины 3934 м) и высказали предположение, что на рубеже палеомагнитных эпох Брюнес и Матуяма (около 0,7 млн лет) произошло увеличение поступления в Юго-Западную Атлантику придонных антарктических вод. К сожалению, Дж. Лоуманн провел это исследование, как и исследование современных бентосных фораминифер, анализируя только крупные раковины, диаметром более 0,25 мм. Это обстоятельство затрудняет сравнение приводимых им данных с результатами других био- и палеогеографических работ по фораминиферам, подавляющее большинство которых основано на изучении форм размером более 0,10—0,16 мм, комплексы которых дают полное представление о видовом разнообразии и структуре сообществ фораминифер. Обычно фракция осадка с частицами более 0,25 мм содержит небольшое количество фораминифер, многие массовые их формы остаются в более мелкой фракции, выпадая из анализа. Этим, вероятно, объясняется отмеченная Дж. Лоуманном незначительная изменчивость ассоциаций фораминифер в разрезе осадков с глубины 3934 м по сравнению с их изменчивостью в отложениях, вскрытых на глубине 4411 м. Вторая колонка взята вблизи критической глубины карбонатакопления, где изменения в составе фораминифер оказались более выраженными, по-видимому, не только в результате структурных преобразований в биоценозах, но и вследствие различий в условиях сохранности раковин, которые могли резко меняться в этой глубинной зоне в течение позднего плейстоцена.

Автором настоящей статьи с целью восстановления истории абиссальной циркуляции вод в канале Вима на протяжении всего плейстоцена были изучены бентосные фораминиферы из кернов бурения судна "Гломар Челленджер" на станции 518 с глубины 3944 м, упоминавшейся выше. Мощность пробуренной на станции толщи составляет 76,7 м, возраст самых древних отложений определен как ранний миоцен. Неогеновые отложения представлены преимущественно наннопланктонными илами, четвертичные отложения — фораминиферово—наннопланктонными илами. М.С. Барашом, Н.С. Оськиной и Н.С. Блюм из верхней части этого разреза было проведено детальное изучение планктонных фораминифер, позволившее определить плиоцен-плейстоценовую границу, соответствующую 1,87 млн лет, на уровне 16 м от поверхности дна и провести зональное расчленение плейстоценовых отложений (рис. 2). На основе палеомагнитных и биостратиграфических данных для ряда горизонтов ими установлен примерный абсолютный возраст (Barash et al., 1983; Бараш и др., 1984). По танатоценозам планктонных фораминифер определены флуктуации среднегодовых палеотемператур поверхностных вод в районе станции за время от конца плиоцена до современности.

Бентосные фораминиферы изучены в 70 пробах плиоцен-плейстоценовых отложе-

ний со станции 518, отобранных послойно, с пропусками в разрезе в 15—20 см, редко — 40 см. Фораминиферы изучались во фракции осадка с частицами размером более 0,1 мм. Определялись состав и численное соотношение всех видов, за исключением представителей отряда Lagenida, которые не имеют существенного значения в обнаруженных комплексах фораминифер. Их раковины подсчитывались суммарно. Обычно в пробах совместно присутствуют 25—30 видов.

Преимущественное развитие в бентоносной фауне фораминифер в районе станции в конце плиоцена и в плейстоцене, как видно на рис. 2, имели виды *Nuttallides umbonifera* (Cushman), *Epistominella exigua* (Brady), *Oridorsalis tenerus* (Brady), *Pullenia osloensis* Feyling-Hanssen, *Globocassidulina subglobosa* (Brady). В ряде комплексов значительны также *Pullenia quinqueloba* (Reuss), *Cibicides wuellerstorfi* (Schwager), *Melonis pompilioides* (Fichtel et Moll). Все эти виды, за исключением *Nuttallides umbonifera*, являются характерными представителями как батимальных, так и абиссальных современных сообществ океана, хотя их взаимоотношения различны в разных районах и меняются с глубиной и в пространстве (Саидова, 1976; Бурмистрова, 1977, 1979; Phleger et al., 1953; Lohmann, 1978; Corliss, 1979, 1983; Belanger, Streeter, 1979; Resig, 1981).

Nuttallides umbonifera — типичный представитель абиссального сообщества, ведущую роль он приобретает в районах распространения ПАВ. Предполагается, что связь этого вида с ПАВ определяется тем, что он более других форм бентосных фораминифер с известковой раковиной приспособлен к обитанию в условиях недонасыщения вод ионами карбонатов, где невозможны большие популяции других видов. (Бурмистрова, 1979; Corliss, 1979). Об этом свидетельствует возрастание его относительного содержания в сообществах при увеличении агрессивности вод к CaCO_3 до абсолютного доминирования вблизи критической глубины карбонатонакопления. Как показал эксперимент, это не может быть следствием избирательного растворения в процессе формирования танатоценозов, поскольку раковины данного вида не более устойчивы против растворения, чем раковины обычно сопутствующего ему вида *Oridorsalis tenerus* и даже таких сравнительно мелководных форм, как *Cibicides kullenbergi* и *Hoeglundina elegans* (Corliss, Honjo, 1981).

Среди других видов в ассоциациях с *Nuttallides umbonifera* в современном океане наибольшим количеством экземпляров обычно бывают представлены *Globocassidulina subglobosa* и *Epistominella exigua*. Анализ литературных данных и материалов автора по распределению современных фораминифер в океане позволяет выявить определенную тенденцию в изменениях взаимоотношений этих трех видов в пределах распространения придонных антарктических вод. Она выражается в том, что при возрастании агрессивности вод к карбонатному материалу вначале в сообществах уменьшается доля *G. subglobosa* и увеличивается роль двух других видов, затем сокращается содержание *E. exigua* и доминирующей формой становится *N. umbonifera* (Саидова, 1974, 1981; Бурмистрова, 1979; Phleger et al., 1953; Corliss, 1983). Преобладание *N. umbonifera* и *E. exigua* характеризует район генерации ПАВ — море Уэдделла, где эти два вида составляют суммарно более 50% комплекса, представленного смешанной ассоциацией видов с агглютинированными и известковыми раковинами. Этот комплекс развит на глубине от 2044 до 3777 м при температуре от $-0,4$ до $-1,0^\circ\text{C}$. Доля *N. umbonifera* в нем возрастает с глубиной, достигая 52—79% на максимальной глубине, ниже которой вследствие недонасыщения вод ионами карбонатов распространены только агглютинирующие виды фораминифер (Anderson, 1975).

Придонные антарктические воды на пути продвижения от источников формирования к экватору постепенно изменяют свои характеристики. Вступая в контакт с глубинными водами атлантического происхождения, они становятся более теплыми и богатыми кислородом и менее агрессивными к CaCO_3 , особенно в верхних слоях. Изменяется и состав связанных с ними сообществ. Б.Х. Корлисс (Corliss, 1979) выявил в пределах распространения ПАВ в юго-восточной части

Индийского океана между 60 и 20° ю.ш. две ассоциации фораминифер. В обеих ассоциациях преимущественное развитие имеют *Nuttallides umbonifera*, *Epistominella exigua*, *Cibicides (Planulina) wuellerstorfi*, *Pullenia bulloides*, *Oridorsalis tenerus*, *Globocassidulina subglobosa*, но в первой, обнаруженной южнее 40° ю.ш., где потенциальная температура вод составляет от -0,2 до 0,4°С, преобладал *N. umbonifera*, а во второй ассоциации, распространенной к северу от 40—45° ю.ш., при более высокой температуре вод — 0,6 до 0,8°С — и в менее агрессивной к карбонатам среде, доминировал *G. subglobosa*.

Эти сведения об экологии современных бентосных фораминифер послужили основой при анализе условий накопления отложений на станции 518. Почти постоянно высокое содержание (более 10%) *Nuttallides umbonifera* в изученных отложениях позволяет полагать, что на всем отрезке времени их формирования район станции находился в зоне влияния придонных антарктических вод, хотя их динамика и гидрохимический режим не оставались неизменными.

Конец плиоцена — начало плейстоцена было, по-видимому, периодом динамической активности ПАВ. Сформировавшиеся за это время отложения (интервал разреза 13,5—16,8 м) представлены чередованием слоев, заключающих различные по составу комплексы фораминифер. В большей части проб из этого интервала (пробы 518-5-2, 103—108 см; 518-5-2, 85—87 см; 518-5-1, 73—75 см; 518-4-СС, 5—11 см; 518-4-3, 109—111 см; 518-4-3, 55—57 см; 518-4-3, 11—19 см) обнаружены обедненные комплексы с преобладанием *Nuttallides umbonifera* (20—38%). Среди других видов наибольшим числом экземпляров представлены *Oridorsalis tenerus* и *Globocassidulina subglobosa*. Такой состав бентосных фораминифер свидетельствует об агрессивной к карбонатам среде, которая создавалась, вероятно, вследствие высокой скорости потока придонных вод. На это указывают следы значительного влияния растворения и сортировки планктонных фораминифер, отмеченные во многих из перечисленных проб, резкое сокращение содержания мелких форм в ряде горизонтов (Barash et al., 1983). Подтверждением активной динамики придонного слоя вод и низкой скорости осадконакопления в начале плейстоцена являются также находки в пробе 518-4-3, 55—57 см ядер крупных раковин *Saccorhiza gamosa*, выполненных железомарганцевыми стяжениями. Стенка этих представителей агглютинирующих фораминифер первоначально состояла из раковин планктонных фораминифер, полости которых, как и полости образованных ими раковин, заполнились железомарганцевыми ядрами, а сами раковины растворились.

Среди слоев с доминированием *Nuttallides umbonifera* присутствуют горизонты осадков, заключающие богатые видами комплексы фораминифер с высоким содержанием представителей *Uvigerina* (15—16%), *Bulimina*, *Cibicides* и других элементов фауны, характерной для более мелководных участков дна (пробы 518-5-2, 65—67 см; 518-5-2, 23—30 см; 518-5-1, 133—135 см; 518-5-1, 110—117 см; 518-5-1, 27—34 см; 518-5-1, 10—12 см). В слое 23—30 см отмечено присутствие аллохтонных элементов и в планктонной фауне фораминифер (Barash et al., 1983). По-видимому, в конце плиоцена — начале плейстоцена циркуляция была активной и в глубинных слоях водной толщи, что вызывало периодическое смещение осадков со склона канала Вима к его подножию. Гидрохимический режим вод, вероятно, был в этом районе близким к современному режиму. Судя по относительно высокому содержанию в комплексах бентосных фораминифер *in situ* видов *Globocassidulina subglobosa* и *Cibicides wuellerstorfi*, район станции находился, как и в настоящее время, в зоне контакта ПАВ с ГСАВ, и водные массы имели сходные с современными характеристики.

Во время отложения осадков интервала разреза 13,6—6,3 м обстановка в районе станции была более спокойной, тепловодной и менее агрессивной к карбонатам, чем в период накопления осадков, отвечающий позднему плиоцену — раннему плейстоцену, и характеризовалась стабильностью условий. В целом для комплексов фораминифер того времени свойственно преобладание *Globocassidulina subglo-*

bosa (20—30%), сравнительно невысокое содержание *Nuttallides umbonifera* (10—15%) и *Epistominella exigua* (5—15%). Роль двух последних видов заметно возрастает лишь в самой верхней части интервала. По-видимому, район станции 518 оставался в области, переходной между ПАВ и ГСАВ, но циркуляция была более слабой, чем в конце плиоцена — начале плейстоцена, и придонные антарктические воды находились под значительным влиянием перекрывающих их теплых высокосоленых и насыщенных кислородом вод североатлантического происхождения. На это указывает значительное видовое разнообразие комплексов, присутствие в них в заметном количестве таких батинальных форм, как *Cibicidoides kullenbergi* (Parker), *S. robertsonianus* (Brady), характерных для современных глубинных вод в районе Риу-Гранди. В ряде слоев планктонные фораминиферы несут следы растворения, но признаков сортировки, как это наблюдалось в низах разреза, не отмечено (Barash et al., 1983). Присутствие перемещенных осадков выявлено и в этой части разреза, в интервале 8,75—9,52 м, где обнаружены высокие концентрации планктонных форм плиоцена, а комплексы бентосных фораминифер отличались обилием батинальных видов и отсутствием или очень низким содержанием *Nuttallides umbonifera* и *Epistominella exigua*.

Придонная обстановка в районе станции резко изменилась ко времени отложения осадков интервала разреза 6,5—5,3 м, формирование которых происходило в очень агрессивной к карбонатам среде, свидетельством чего является господство в составе бентосных фораминифер *Epistominella exigua*, *Nuttallides umbonifera*, *Oridorsalis tenerus*. Суммарная доля первых двух видов достигает 33—55% комплекса. Содержание видов, свойственных ГСАВ, в этих комплексах ничтожно мало — 2—12%. Обилие в отложениях этого интервала разреза фрагментов раковин планктонных фораминифер, очень низкая численность целых экземпляров указывают на сильное влияние растворения. В значительно менее агрессивной среде шло накопление вышележащих отложений интервала разреза 5,3—3,8 м. Состав бентосных фораминифер в них сходен с таковым в отложениях первой половины плейстоцена. Суммарная доля *N. umbonifera* и *E. exigua* уменьшается до 17—28%, роль *G. subglobosa* возрастает до 15—22%, увеличивается видовое разнообразие. Комплекс вновь замещается фауной того же характера, что в интервале 6,5—5,3 м, эта фауна распространена выше уровня разреза 3,8 м вплоть до слоя 43—45 см, где отмечено резкое уменьшение содержания *N. umbonifera* (8%) и увеличение составляющей *G. subglobosa* до 15%, хотя доля *E. exigua* остается высокой (18%). В самой верхней пробе разреза 518-1-1, 1—3 см в комплексе фораминифер доминирует *Nuttallides umbonifera* (31%), а сопутствующие ему *Epistominella exigua*, *Oridorsalis tenerus*, *Globocassidulina subglobosa*, *Cibicides wuellerstorfi* имеют почти равное значение в составе комплекса — от 7 до 10%.

Сравнение флуктуаций среднегодовых значений палеотемператур поверхностных вод, определенных по танатоценозам планктонных фораминифер, с характером структурных преобразований в бентосных ассоциациях фораминифер в плейстоцене показывает, что наиболее резкие изменения в придонной обстановке на станции 518 происходили в периоды наиболее существенных изменений температурного режима в поверхностных водах. Полученные М.С. Барашом с соавторами значения палеотемператур не могут претендовать на точность определений, поскольку во многих слоях первоначальный состав планктонных фораминифер искажен растворением при формировании танатоценозов, однако общую направленность изменений температуры вод в плейстоцене они отражают. Это видно при сравнении их с результатами аналогичных исследований, проведенных теми же авторами для отложений, вскрытых бурением на вершине поднятия Риу-Гранди на глубине 1313 м скважиной 516, где осадки накапливались вне влияния растворения. Период, охватывающий конец плиоцена — начало плейстоцена, определенный по составу фораминифер как период динамической активности придонных вод, характеризуют относительно низкие значения поверхностных температур (20,8—

22,0°С). Значения температуры 21,5—22,0°С определены для последующего периода раннего плейстоцена, которому соответствуют отложения с преобладанием *Globocassidulina subglobosa* в бентосных ассоциациях. Замещение этих ассоциаций комплексом с доминированием *Nuttallides umbonifera* и *Epistominella exigua* на уровне разреза 6,5 м совпадает с похолоданием поверхностных вод до 20,5°С. Наблюдаемое затем резкое уменьшение содержания этих видов и увеличение доли *G. subglobosa* в интервале разреза 3,8—5,3 м соответствует повышению температуры до 21,0—21,5°С. Выше по разрезу такой четкой связи изменений палеотемператур и состава бентосных фораминифер не наблюдается, но наиболее низкие значения температур всегда коррелируют с комплексами с повышенным содержанием *N. umbonifera* и *E. exigua*.

Очень интересные данные об эволюции климата плейстоцена получены В.Л. Преллем (Prell, 1982) в результате детального изучения изотопного состава кислорода и углерода в раковинах *Globigerinoides sacculifer* из разреза четвертичных отложений Карибского моря, где их мощность превышает 37 м. Исследования В.Л. Прелля подтвердили предположения Н. Шеклтона и Н. Опдайка о различии характера ледниково-межледниковых флуктуаций изотопного состава кислорода в раннем и позднем плейстоцене (Shackleton, Opdyke, 1976). В.Л. Прелль установил, что изменение характера изотопно-кислородной записи происходит очень резко и приходится на рубеж около 0,9 млн лет, совпадая с палеомагнитным событием Харамильо. Для раннего плейстоцена отмечена небольшая амплитуда абсолютных значений и малая величина среднего значения δO^{18} ($-0,82^{\circ}/_{\infty}$). Позднеплейстоценовое время отличается резкими колебаниями значений δO^{18} и большим средним значением δO^{18} ($-0,45^{\circ}/_{\infty}$). На основании этих данных В.Л. Прелль считает, что раннеплейстоценовое время характеризовалось менее обширными льдами в полярных районах в ледниковые периоды и более ледовой обстановкой в межледниковья, чем в позднем плейстоцене, для которого были свойственны более контрастные ледниковые и межледниковые условия, и в среднем уровень океана в раннем плейстоцене был ниже современного на 62, а в позднем — на 95 м.

Небольшие колебания климата первой половины плейстоцена, вероятно, не оказывали заметного влияния на характер глубинной циркуляции, что нашло отражение в относительном постоянстве структуры бентосного сообщества в отложениях того времени в районе станции 518. Первое значительное похолодание климата, датированное 0,9 млн/лет, привело к перестройке циркуляции, вызвавшей резкое усиление агрессивности придонных вод к $CaCO_3$ на дне канала Вима. Именно этому событию отвечает, по нашим данным, наблюдаемая в изученном разрезе на уровне 6,5 м смена комплекса с преобладанием *Globocassidulina subglobosa* комплексом с доминированием *Nuttallides umbonifera* и *Epistomenella exigua*. В период потепления между 0,9 и 0,7 млн л.н. характер вод в районе стал сходным с таковым в раннем плейстоцене, однако похолодание, начавшееся около 0,7 млн л.н., вновь вызвало изменение в придонных условиях, растворение карбонатов активизировалось, и такая агрессивная обстановка с небольшими колебаниями сохранялась на протяжении большей части последних 0,7 млн лет. Только во время максимумов потепления структура вод становилась, возможно, близкой к современной. Но эти короткие периоды из-за низкой скорости осадконакопления, влияния биотурбации и разреженности проб почти не проявились в изученном разрезе. Им отвечают слои осадков с повышенным содержанием *G. subglobosa*.

Какие же изменения в циркуляции могли привести к усилению растворяющей активности придонных вод и смене сообществ бентосных фораминифер на рубеже около 0,9 млн л.н? Как обсуждалось выше, постоянно высокое содержание *Nuttallides umbonifera* в изученном разрезе позволяет полагать, что ПАВ продуцировались в приантарктических районах и распространялись в юго-западной части Атлантического океана на глубинах более 4000 м на протяжении всего плейстоцена. По мнению Дж. Лоуманна и Л. Петерсона (Peterson, Lohmann, 1982), сокращение эле-

ментов фауны глубинных вод в бентосных сообществах фораминифер, отмеченное на уровне, отвечающем 0,7 млн л.н. в колонке позднеплейстоценовых осадков канала Хантер, может быть связанным с увеличением поступления ПАВ в Южную Атлантику и с подъемом границы их раздела с ГСАВ. Изучение фораминифер в отложениях на станции 518, проведенное на комплексах, включающих более мелкие формы, чем те, что анализировал Дж. Лоуманн, показало, что первое резкое преобразование в их ассоциациях произошло около 0,9 млн л.н. и выражается не столько в увеличении роли *Nuttalides umbonifera*, сколько в возрастании содержания *Epistominella exigua* — мелкой формы, которая оказалась вне исследованного Дж. Лоуманном материала. Изменения в бентосных сообществах сопровождаются активизацией растворения раковин планктонных фораминифер. Предполагаемое увеличение объема антарктических вод, вероятно, должно было бы вызвать усиление их динамики в каналах Вима и Хантер, однако никаких признаков этого явления в отложениях, сформировавшихся позднее 0,9 млн л.н., не наблюдается. Более реалистичным представляется другое объяснение возросшей агрессивности вод в Южной Атлантике в позднем плейстоцене.

В последнее время появляется все больше данных, что ГСАВ в периоды ледниковий позднего плейстоцена имели отличные от современных характеристики. Анализируя распределение бентосных фораминифер в отложениях северо-восточного склона Австрало-Антарктического поднятия с глубины 3253 м, где распространены современные глубинные циркумполярные воды, Б. Корлисс (Corliss, 1982) обнаружил в возрастном интервале 128—440 тыс. лет закономерную смену сообществ. Сообщество с доминированием *Globocassidulina subglobosa* и значительным участием *Cibicides wuellerstorfi*, *Gyroidinoides soldanii* (d'Orbigny), сходное с современным сообществом в районе станции исследования, в основном коррелировало с теплыми межледниковыми кислородно-изотопными стадиями 11, 9, 7 и 5. Второе сообщество с преобладающими в нем видами *Melonis barleeanum* (Williamson), *M. pompilioides*, *Uvigerina peregrina* Cushman отвечало холодным ледниковым стадиям 10, 8 и 6 и промежуточным холодным интервалам, включая позднюю часть стадии 11 и середину стадий 9 и 7. Следовательно, преимущественное распространение в период 440—128 тыс. л.н. имело второе сообщество, которое не имеет аналога в современном океане. Заключающие его осадки отличаются более низким содержанием CaCO_3 , чем осадки, отлагавшиеся в теплые стадии. Эти наблюдения привели Б. Корлисса к заключению, что "ледниковые" глубинные циркумполярные воды в Индийском океане отличались от их современных модификаций меньшей насыщенностью кислородом и агрессивностью в отношении к карбонатам.

Глубинные циркумполярные воды формируются из ГСАВ, поэтому изменения в их свойствах в прошлом могли быть связанными с изменениями характеристик ГСАВ. Действительно, тот же характер преобразований в составе фораминифер отмечал С. Стритер (Streeter, Shackleton, 1979) в разрезе отложений восточного склона Срединно-Атлантического хребта с глубины 3331 м, отвечающих последним 150 тыс. лет. Колонка была получена в зоне распространения современных ГСАВ. В этом разрезе комплексы фораминифер, сходные с современными, были обнаружены только в интервалах осадков, отложившихся в наиболее теплые периоды — между 127 и 115 тыс. л.н. и позднее 12 тыс. л.н., а в остальной части разреза распространено сообщество с преобладанием тех же видов, что отмечал Б. Корлисс в периоды похолоданий в Индийском океане.

Сходство сообществ бентосных фораминифер, характеризующих глубинные воды Северной Атлантики и южной части Индийского океана в холодные периоды позднего плейстоцена, указывает на глобальный характер преобразований физико-химических свойств вод в плейстоцене и связь их с климатическими событиями. Исследования изотопного состава кислорода в раковинах бентосных фораминифер из позднечетвертичных отложений Атлантического и Тихого океанов, сформировавшихся под влиянием глубинных вод, позволяют полагать, что эти воды в

периоды ледниковий были холоднее современных их аналогов на 1,3°С. (Duplessy et al., 1980; Shackleton et al., 1983). Вариации изотопного состава углерода подтверждают предположения Б. Корлисса о том, что эти воды не были такой богатой кислородом и высокосоленой водной массой, как современные ГСАВ. Формирование этой водной массы могло происходить в Северной Атлантике примерно так же, как образуются современные ПАВ, — путем опускания у края ледника охлажденных вод, которые были лишены длительного контакта с атмосферой, чтобы быть насыщенными кислородом (Shackleton et al., 1983). Более низкие температуры и соленость глубинных вод ледниковых периодов в сравнении с современными ГСАВ могли быть результатом сокращения или даже прекращения потока теплых соленых вод Средиземного моря в Атлантический океан по тектоническим причинам или вследствие понижения уровня океана.

Предполагаемые изменения физико-химических свойств глубинных вод в периоды ледниковий объясняют те преобразования в придонных условиях и в сообществах фораминифер, которые выявились при изучении плейстоценовых отложений в районе станции 518. На рубеже около 900 тыс. лет и большую часть последних 700 тыс. лет ПАВ находились в контакте не с теплой, богатой кислородом и насыщенной растворенным CaCO_3 водной массой, обмен с которой в раннем плейстоцене, как и в настоящее время, ослаблял агрессивные свойства ПАВ, а с холодной, бедной кислородом и недонасыщенной карбонатными ионами водной массой. Это приводило к активизации растворения карбонатного материала на дне, уменьшению видового разнообразия в бентосном сообществе фораминифер за счет сокращения доли батинальных видов и резкого возрастания роли форм, выдерживающих условия сильного недонасыщения вод CaCO_3 — *Nuttallides umbonifera* и *Epistominella exigua*.

ЛИТЕРАТУРА

- Бараш М.С., Блюм Н.С., Оскина Н.С. Стратиграфия четвертичных отложений Риу-Гранди (Южная Атлантика) по планктонным фораминиферам // ДАН СССР. 1984. Т. 279, N 6. С. 1420—1424.
- Бурков В.А. Общая циркуляция Мирового океана. Л.: Гидрометеиздат, 1980. 253 с.
- Бурмистрова И.И. Ареалы глубоководных бентосных фораминифер в Индийском океане // Биология моря. 1977. N 6. С. 3—11.
- Бурмистрова И.И. Глубоководные сообщества фораминифер северной части Индийского океана // Вopr. микропалеонтологии. 1979. Вып. 22. С. 147—155.
- Иваненков В.Н. Основные закономерности распределения компонентов карбонатной системы в океане // Океанология: Химия океана. М.: Наука, 1979. Т. 1. С. 108—132.
- Саидова Х.М. О крупномасштабной фацальной приуроченности глубоководных донных фораминифер // Океанология. 1974. Т. 14, вып. 4. С. 665—672.
- Саидова Х.М. Бентосные фораминиферы Мирового океана. М.: Наука, 1976. 160 с.
- Саидова Х.М. Сообщества современных фораминифер абиссальных равнин Тихого океана // Океанология. 1981. Т. 21, вып. 2. С. 360—365.
- Anderson J.B. Ecology and distribution of foraminifera in the Weddell Sea of Antarctica // Micropaleontology. 1975. Vol. 21, N 1. P. 69—96.
- Barash M.S., Oskina N.S., Blyum N.S. Quaternary biostratigraphy and surface paleotemperature based on planktonic foraminifera // Init. Rep. DSDP. Vol. 72. P. 849—869.
- Barker P.F., Carlson R.L., Johnson D. et al. Deep Sea Drilling Project Leg 72: Southwest Atlantic paleocirculation and Rio Grande rise tectonics // Bull. Geol. Soc. Amer. 1981. Vol. 92, pt 1. P. 294—309.
- Belanger P.E., Streeker S.S. Distribution and ecology of benthic foraminifera in the Norwegian-Greenland Sea // Mar. Micropaleontol. 1979. N 5. P. 401—428.
- Corliss B.H. Recent deep-sea benthonic foraminiferal distributions in the southeast Indian Ocean: Inferred bottom-water routes and ecological implications // Mar. Geol. 1979. Vol. 31, N 1/2. P. 115—138.
- Corliss B.H. Linkage of North Atlantic and Southern Ocean deep-water circulation during glacial intervals // Nature. 1982. Vol. 298. P. 458—460.
- Corliss B.N. Distribution of holocene deep-sea benthonic foraminifera in the southwest Indian Ocean // Deep-Sea Res. 1983. Vol. 30, N 2. P. 95—117.
- Corliss B.H., Honjo S. Dissolution of deep-sea benthonic foraminifera // Micropaleontology. 1981. Vol. 27, N 4. P. 356—378.
- Duplessy J.C., Moyes J., Pujol C. Deep water formation in the North Atlantic Ocean during the last ice age // Nature. 1980. Vol. 286. P. 479—481.

- Ellwood B.B., Ledbetter M.T.* Antarctic bottom water fluctuations in the Vema Channel: Effects of velocity changes on particle alignment and size // *Earth and Planet. Sci. Lett.* 1977. Vol. 35. P. 189—198.
- Ellwood B.B., Ledbetter M.T.* Paleocurrent indicators in deep-sea sediment // *Science.* 1979. Vol. 203. P. 1335—1337.
- Johnson D.A., Ledbetter M.T., Burckle L.H.* Vema Channel paleo-oceanography: Pleistocene dissolution cycles and episodic bottom water flow // *Mar. Geol.* 1977. Vol. 23. P. 1—23.
- Johnson D.A., McDowell S.E., Sullivan L.G., Biscaye P.E.* Abyssal hydrography, nephelometry, currents and boundary layer structure in the Vema Channel // *J. Geophys. Res.* 1976. Vol. 81, N 33. P. 5771—5786.
- Johnson D.A., Peters C.S.* Late cenozoic sedimentation and erosion on the Rio Grande rise // *J. Geol.* 1979. Vol. 87. P. 371—392.
- Le Pichon X., Ewing M., Truchan M.* Sediment transport and distribution in the Argentine basin: Antarctic bottom current passage into the Brazil basin // *Phys. and Chem. Earth.* 1971. Vol. 8. P. 31—48.
- Lohmann G.P.* Abyssal benthonic foraminifera as hydrographic indicators in the western South Atlantic Ocean // *J. Foraminif. Res.* 1978. Vol. 8. P. 6—34.
- Melguen M., Thiede J.* Facies distribution and anddissolution depths of surface sediment components from the Vema Channel and Rio Grande rise: (Southwest Atlantic Ocean) // *Mar. Geol.* 1974. Vol. 17. P. 341—353.
- Peterson L.C., Lohmann G.P.* Major change in Atlantic deep and bottom waters 700 000 yr ago: Benthonic foraminiferal evidence from the South Atlantic // *Quatern. Res.* 1982. Vol. 17. P. 26—38.
- Phleger F.B., Parker F.L., Peirson J.F.* North Atlantic foraminifera // *Rep. Swed. Deep-Sea Exped.* 1953. Vol. 7. P. 1—122.
- Prell W.L.* Oxygen and carbon isotope stratigraphy for the Quaternary of Hole 502 B: Evidence for the two modes of isotopic variability // *Init. Rep. DSDP.* 1982. Vol. 68. P. 455—464.
- Reid J.L.* On contribution of the Mediterranean Sea outflow to the Norwegian-Greenland Sea // *Deep-Sea Res.* 1979. Vol. 26. P. 1199—1223.
- Resig J.M.* Biogeography of benthic foraminifera of the northern Nasca plate and adjacent continental margin // *Geol. Soc. Amer. Mem.* 1981. N 154. P. 619—666.
- Shackleton N.J., Imbrie J., Hall M.A.* Oxygen and carbon isotope records of east Pacific core V 19—30: Implications for the formation of deep water in the late Pleistocene North Atlantic // *Earth and Planet. Sci. Lett.* 1983. Vol. 65. P. 233—244.
- Shackleton N.J., Opdyke N.D.* Oxygen isotope and paleomagnetic stratigraphy of Pacific core V 28—239, late Pliocene to latest Pleistocene // *Geol. Soc. Amer. Mem.* 1976. N 145. P. 449—464.
- Streeter S.S., Shackleton N.J.* Paleocirculation of the deep North Atlantic: 150 000-year record of benthic foraminifera and Oxygen-18 // *Science.* 1979. Vol. 203, N 4376. P. 168—171.

УДК 551.8:551.791

А.К. АГАДЖАНЯН, Н.И. ГЛУШАНКОВА

ПАЛЕОГЕОГРАФИЯ ПЛИОЦЕН—ПЛЕЙСТОЦЕНА ВЕРХНЕГО ДОНА (по материалам изучения разреза Коротояк)

В настоящее время одной из важнейших задач палеогеографии и четвертичной геологии является изучение комплексом методов опорных разрезов и ключевых участков Русской равнины. Лишь вскрыв динамику природных процессов во всей их полноте и сложности по конкретным регионам, можно заложить фундамент дальнейших крупномасштабных построений и дальних корреляций. Только это позволит создать общую схему развития природной среды для всей территории Советского Союза. Анализу данных по одному из таких опорных страторегионов Верхнего Дона посвящена настоящая работа.

Долина Дона, как показал еще М.Н. Грищенко, в нижней части начала формироваться в конце миоцена. К началу позднего плиоцена долина пра-Дона простиралась от Акчагыльского морского бассейна до широт современной р. Воронеж. Г.Ф. Мирчинк отмечал, что в раннем плейстоцене бассейн этой реки включал в себя территорию, занятую сейчас долиной Оки и Верхней Волги. Потоки основного русла Дона выработали в коренных породах Русской равнины глубокую и хорошо выраженную долину. На ее бортах рыхлые отложения подстилаются меловыми осадками сантона и сеномана. В центральной части долины они размыты, и пески плиоцена лежат на нижнемеловых и даже девонских осадках. Плиоцен-плейстоценовые отложения пра-Дона, по Р.В. Красненкову и Г.В. Холмовому, образуют многоступенчатую серию террас, которые заключают в себе основную информацию о палеогеографии этой территории. Наибольший интерес представляют краевые участки долины, где аллювиальные осадки сочетаются с ледниковыми отложениями и надморенной лёссово-почвенной формацией. Они позволяют наиболее полно восстановить палеогеографическую историю значительной территории Верхнего Дона.

Один из таких ключевых участков расположен на правобережье Дона, на юго-восточной окраине с. Коротояк Воронежской области. Здесь, в естественном обнажении левого борта оврага (общей протяженностью 6—7 км), серией расчисток, заложенных на незначительном удалении друг от друга и приуроченных к одному геоморфологическому уровню, вскрываются: аллювиальные свиты Дона и его правого притока р. Тихая Сосна, подморенные ископаемые почвы и вмещающие их отложения, толща морены донского ледника, надморенная лёссово-почвенная серия (рис. 1).

Детальное представление о подморенных аллювиальных осадках, морене и надморенных отложениях дает расчистка 7^а, в которой сверху вниз вскрываются:

1. Современная почва — чернозем: А₁ — 0,0—0,6 м — суглинок, темно-

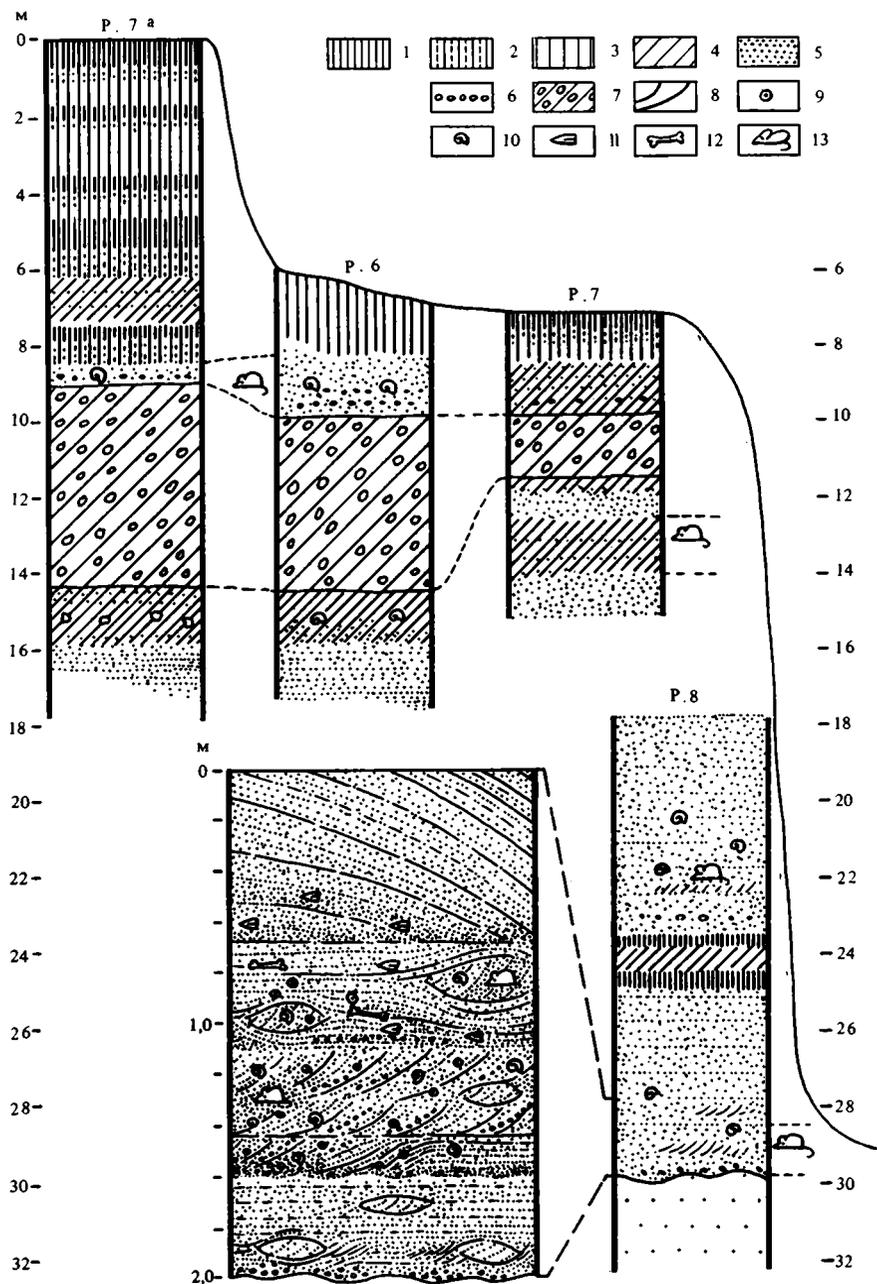


Рис.1. Разрез отложений на правобережье Дона у с. Коротояк

1 — гумусовые горизонты современных и ископаемых почв; 2 — иллювиальные горизонты современных и ископаемых почв; 3 — лёссовидный суглинок; 4 — суглинок; 5 — песок; 6 — гравийно-галечный материал; 7 — донская морена; 8 — характер слоистости; 9 — конкреции; 10 — раковины моллюсков, гастроподы; 11 — раковины моллюсков, устрицы; 12 — костные остатки крупных млекопитающих; 13 — костные остатки мелких млекопитающих