

УДК 581.26:9.524(261)

## НЕПРАВИЛЬНЫЕ ДИСКОАСТЕРЫ КОНЦА ПЛИОЦЕНА В ОСАДКАХ ЮГО-ЗАПАДНОЙ АТЛАНТИКИ

© 2019 г. О. Б. Дмитренко

*Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва, Россия*

*\*e-mail: senidol@yandex.ru*

Поступила в редакцию 24.10.2017 г.

После доработки 04.06.2019 г.

Принята к публикации 18.06.2019 г.

Исследованы нанофоссилии из позднеплиоцен-плейстоценовых осадков, поднятых на ст. 3316 в 46-м рейсе НИС «Академик Иоффе» севернее возвышенности Риу-Гранди ЮЗ Атлантики. Присутствие неправильных форм дискоастеров в узком горизонте в конце образования зоны *Discoaster brouweri* верхнего плиоцена свидетельствует о резких изменениях условий жизни этих организмов, что привело к отклонениям в правильном строении их скелетов и последующему вымиранию в конце плиоцена.

**Ключевые слова:** нанофоссилии, дискоастеры, плиоцен

**DOI:** 10.31857/S0030-15745961058-1062

Колонка 3316 длиной 488 см была поднята в 21-м рейсе НИС «Академик Иоффе» в склоновой части дрефта Иоффе, севернее возвышенности Риу-Гранди Юго-Западной Атлантики, на юге Бразильской котловины (26°49.33' ю. ш., 33°57.46' з. д., глубина 3900 м). Осадки представлены известковым фораминиферовым илом с изменчивым, но в целом низким содержанием кокколитов и терригенного глинистого вещества [3]. Условия жизнедеятельности известкового наннопланктона в этом районе осложнены беспокойной поверхностной обстановкой, где перемешиваются разнонаправленные водные массы Бразильского и Южного пассатного течений. Условия определяются влиянием проникающих сюда с юга через канал Вима придонных вод Антарктического течения (АндВ) идвигающихся в противоположном направлении на более высоких уровнях вод Североатлантического течения, несущего более теплую и соленую, богатую кислородом североатлантическую глубинную воду (САГВ), сформировавшуюся в Северной Атлантике. Выше 2500 м находится антарктическая промежуточная вода (АнПрВ) с низким содержанием кислорода [13]. Режим этих глубоководных течений в значительной степени определяет подводную эрозию, перерывы в осадконакоплении и растворение карбоната кальция.

Дрифт Иоффе, в районе которого поднята кол. 3316, находится севернее возвышенности Риу-Гранди и отделен от нее проливом. Сюда проникают поверхностные воды, представляющие собой тропическую южную водную массу с температурами 21–23°C и соленостью 36.5‰. Эта акватория входит в систему водной субтропической антициклонической циркуляции и находится под воздействием Бенгельского и Южного пассатного течений на востоке и Бразильского на западе [5, 13], что создает беспокойные поверхностные условия.

Осадки, представленные наннопланктонно-фораминиферовыми илами, содержат многочисленные нанофоссилии разной сохранности — мелкие четвертичные виды с растворенными элементами центральной ареи; более крупные плиоценовые виды, в частности, дискоастеры, имеют хорошую сохранность. В разрезе отмечено переотложение кокколитового материала по всему разрезу, связанное как с активным действием разнонаправленных течений, так и с местонахождением колонки в склоновой части дрефта, где имеют место оползневые процессы.

Нанофоссилии исследованы в 23 горизонтах. Определено более 30 видов, по которым сверху вниз выделены зональные подразделения по биостратиграфическим схемам [2, 8, 9, 11, 14]. В четвертичной части разреза это зоны *Emiliania*

*huxleyi*, *Gephyrocapsa oceanica*, *Pseudoemiliana lacunosa* и *Calcidiscus macintyrei*.

Вид, определяющий верхнюю зону *Emiliana huxleyi*, встречен в диапазоне 0–12.5 см. Кроме него, полный комплекс составляют виды: *Gephyrocapsa oceanica*, *G. aperta*, *Calcidiscus leptoporus*, *Syracosphaera pulchra*, *Umbellosphaera mirabilis*, *U. sibogae*, *U. annulus*, *Helicosphaera carteri*, *Pontosphaera japonica*, *Umbellosphaera tenuis*, *Rhabdosphaera clavigera*, *Ceratolithus cristatus* и др.

На уровне 17–18 см из комплекса исчезает *Emiliana huxleyi*, что свидетельствует о переходе к зоне *Gephyrocapsa oceanica*. Появляются *Pontosphaera multipora* и крупный *Ceratolithus cristatus*. Последнее присутствие *Pseudoemiliana lacunosa* фиксирует переход к следующей одноименной зоне. Ниже по видам-индексам выделены зоны *Helicosphaera sellii* и *Calcidiscus macintyrei*.

Плиоцен-плейстоценовая граница проведена на уровне 147–148 см по присутствию *Gephyrocapsa oceanica* в обр. 137–138 см и *Discoaster brouweri* в гор. 157–158 см. Граница оценивается у С. Гартнера в 1.65 млн лет, у Е. Мартини и Д. Бакри — 1.8 млн лет [9, 11, 8] (рисунок).

Ниже по разрезу важное место в осадках занимают дискоастеры. Сохранность их очень хорошая и, несмотря на переотложение, они позволили стратифицировать всю верхнюю часть плиоцена. Выделены зоны: *Discoaster brouweri*, *Discoaster pentaradiatus*, *Discoaster surculus* и *Discoaster tamalis*. При переходе к плиоцену из разреза выпадают мелкие четвертичные виды и *Crenalithus doronicoides*.

Виды, индексирующие две верхние зоны плиоцена, *Discoaster brouweri* и *Discoaster pentaradiatus*, имеют сходную картину распространения, в связи с чем последняя выделена весьма условно по небольшому увеличению численности вида-индекса.

Верхняя граница зоны *Discoaster surculus* связана с четким уровнем последнего присутствия вида-индекса. Здесь же определен *Discoaster calcaris*, а в нижней части единично встречаются *D. moorei* и *D. blackstockae*. Нижняя граница зоны связана с последним присутствием *D. tamalis*, который определяет следующую одноименную зону. Значительное разнообразие дискоастеров свидетельствует о благоприятных тепловодных условиях жизни этих организмов, малочисленность и прерывистость

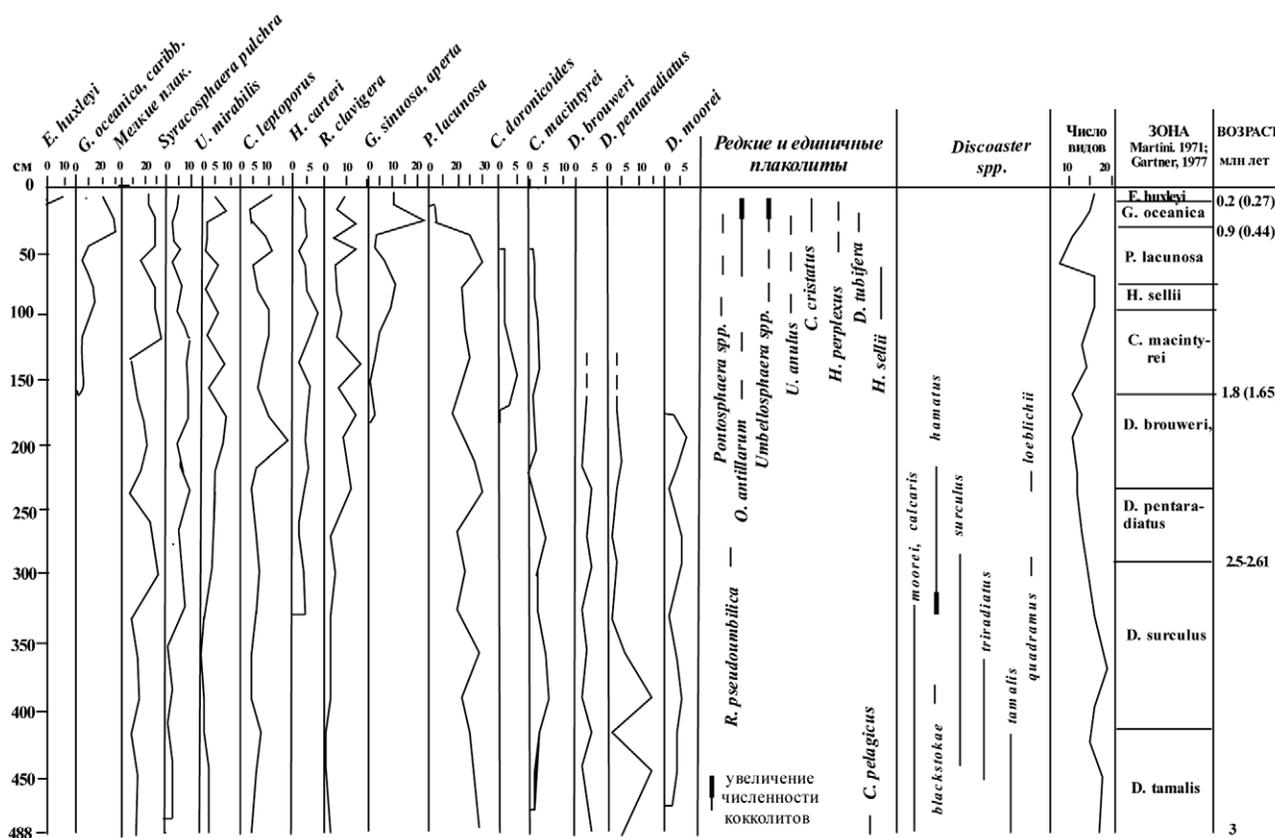
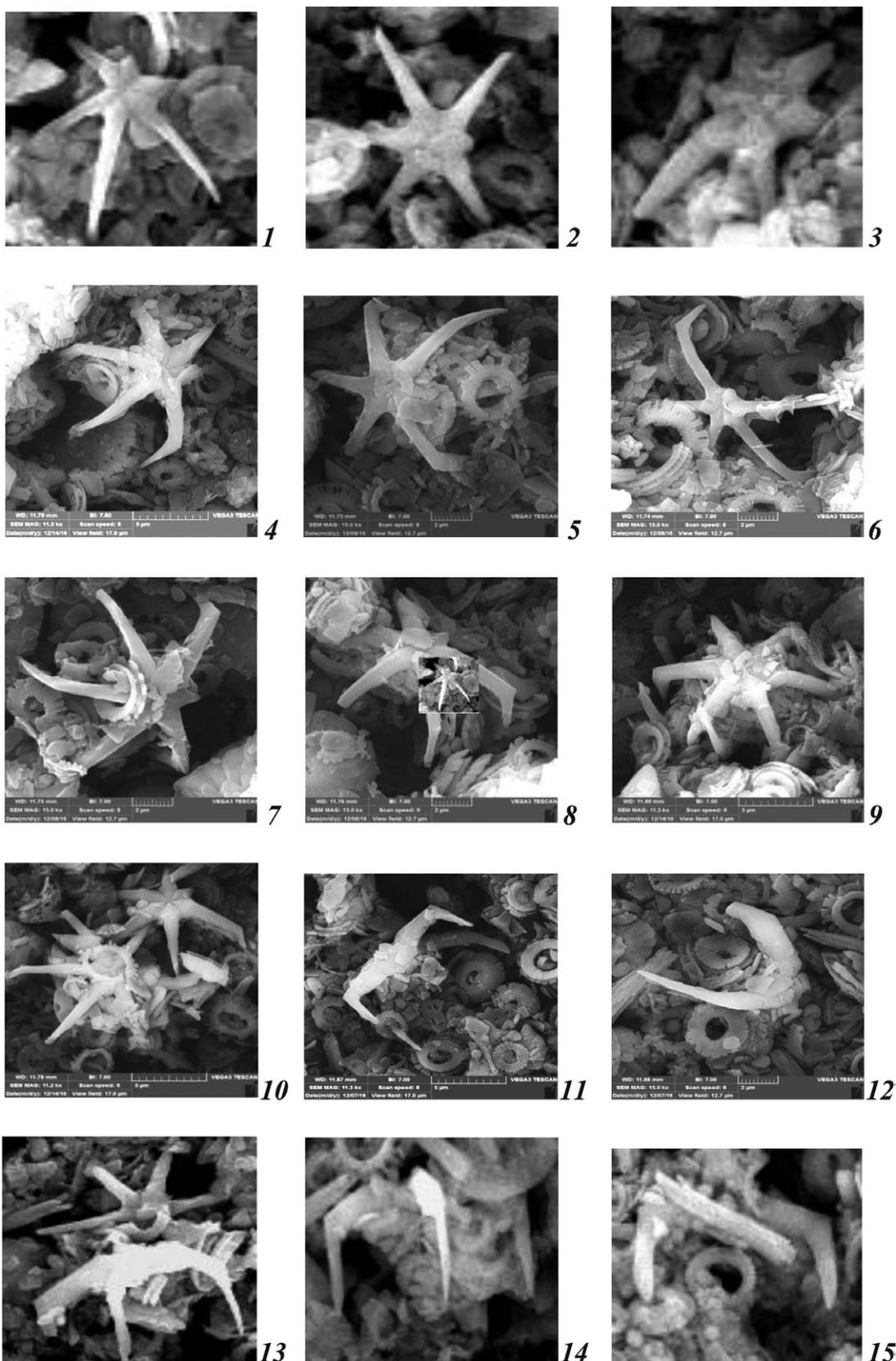


Рис. Зональная принадлежность осадков кол. 3316 по наннофоссилиям.



Фототаблица. Фиг. 1–15. *Discoaster brouweri* Tan: 1–3 — часть лучей недоразвита: 1 — гор. 287–288 см, 10,5 мкм; 2, 3 — гор. 217–218: 10 и 9,5 мкм; 4–6 — гор. 197–198 см: 14, 11 и 12,5 мкм; 7–12 — гор. 217–218: 7, 8 — 11 мкм, 9–14 мкм, 10 — нижний экз. и 11 — 10 мкм, 12 — 9 мкм; 13 — гор. 197–198 см, нижний экз. — 13 мкм; 14 — 12 мкм; 15 — центральный обломок 7 мкм.

распространения в разрезе — о неспокойных условиях захоронения в осадок.

Наибольший интерес представляет верхняя зона плиоцена, *Discoaster brouweri*, в которой интервал осадков от 217–218 до 197–198 см мощностью до 40 см содержит экземпляры дискоастеров, отклонившиеся в своем облике от нормальных *Discoaster brouweri* (фототаблица, фиг. 1–15). Они сохраняют в основе 6-лучевое строение, однако один и тот же экземпляр может иметь укороченный и удлиненный луч, с заостренным или тупым концом (фиг. 1–3). В отдельных случаях лучи резко преломляются, образуя «колена». «Колена» может быть коротким или по-разному оттянутым (фиг. 4–10). В одном и том же экземпляре оно может отличаться по длине, что отчетливо видно на профильном срезе дискоастера (фиг. 11). Лучи, как правило, тонкие, но в одном экземпляре могут встретиться как отдельные (фиг. 12, 13), так и все полностью утолщенные лучи (фиг. 3, 15). Расстояние между лучами может также менять форму, образуя более острые или тупые углы.

По-видимому, прижизненные условия для развития дискоастеров, отложившихся в этих слоях, существенно отличались от нормальных. Это могло быть связано с повышенной гидрологической активностью и привнесением многочисленного мелкообломочного материала, травмирующего дискоастеры в процессе их роста в поверхностной водной толще, что препятствовало их нормальному развитию и приводило к искажению их скелетов. Гидрологическая активизация происходила, с одной стороны, за счет возросшего влияния АнДВ. Эти холодные донные воды в отдельные периоды времени на уровне расположения колонки определяли размыв или неотложение осадков ряда зональных подразделений.

С другой стороны, колонка расположена в склоновой части дрефта, на пути сноса и оползания поверхностного материала вниз по склону. Замутненность воды, которая при этом имела место, ограничивала поступление солнечного света, что препятствовало нормальному развитию и питанию этих организмов и явилось основной причиной образования неправильных форм. Не исключено также, что появление деформированных форм было связано с мутациями в генах клетки из-за возрастного старения рода *Discoaster* [1, 4]. Все эти причины могли быть предвестником их последующего вымирания в конце плиоцена. Следует отметить, что во всем комплексе *Discoaster brouweri* оказался

единственным неустойчивым видом, изменившим свой нормальный облик.

Подобная картина была отмечена при изучении дискоастеров из осадков, образовавшихся в период палеоцен-эоценового термального максимума (РЕТМ). Этот период глобального повышения температур ~55.5 млн лет назад сопровождался крупными изменениями в системе циркуляции океан-атмосфера и сопровождался значительным увеличением массива освобожденного CO<sub>2</sub> в океане. Этим вопросам было посвящено совещание в Балтиморе в 2015 г. (GSA, USA, 2015) [6, 7, 10, 12].

Во время РЕТМ температуры поверхностных вод увеличивались на 4–5°, а значения рН снижались, что заставляло кокколитофорид мигрировать из низких широт в более высокоширотные холодные районы, а также из мелководных областей в глубоководные, менее насыщенные кислородом. В более глубоких водных толщах происходит замедление процессов кальцификации в результате усиления океанического окисления. Недостаток кальция во время роста и формирования дискоастеров (результат диоксидной эмиссии) сказывается на их питании и приводит к утончению и отклонениям в строении их скелетов. Об этом свидетельствуют крупные многолучевые дискоастеры палеогена, которые при таких изменениях приобретали неправильное, уродливое («malformation» — уродство) строение. Их лучи могли быть удлиненными или укороченными, прямыми или изогнутыми, а углы межлучевых пространств — суженными или расширенными. Происходила также деформация концов лучей и даже их исчезновение при приближении к РЕТМ. Изменения в кальцификации кокколитофорид в результате усиления окислительных процессов в океане влияли на формирование дискоастеров, при этом другие роды наннопланктона не меняли своего облика, показывая великолепную сохранность. По-видимому, они были лучше адаптированы к более низким уровням насыщения воды биогенными и микроэлементами [14, 6, 7]. Пик потепления на 4–6°C наряду с изменением ССД и снижением растворенного CO<sub>2</sub> отмечены и при изучении среднеэоценового климатического оптимума (МЕСО) в разрезе скв. 1408 глубоководного бурения, Северная Атлантика [12].

Таким образом, дискоастеры конца плиоцена (зоны *Discoaster brouweri*) в районе расположения кол. 3316 попали в условия, непригодные для правильного формирования их скелетов.

Облик вида *Discoaster brouweri* претерпевал незакономерные изменения. В одних и тех же экземплярах лучи приобретали разную длину — от удлиненных до совсем коротких, едва заметных выростов; их концы при этом заострены или ровно обрезаны. Лучи могли иметь разную толщину — от тонких до резко утолщенных; разную форму — от прямых до дугообразно изогнутых, а иногда резко преломленных, образующих «колени», короткое или удлиненное (фототаблица, размеры даны по максимальной длине экземпляров). Причиной таких метаморфозов могли служить изменения условий обитания дискоастеров: резкие изменения температуры воды; повышенная мутность воды, определяющая недостаток солнечного света, необходимого для нормального развития этих организмов; возможные травмы в процессе их формирования из-за усиления процессов сноса осадочного материала, который на большой скорости перемещался по склону; появление деформаций в строении скелетов дискоастеров могло быть также связано с мутациями в генах клетки из-за возрастного старения рода *Discoaster*, что было кратковременным сигналом к их последующему вымиранию [1, 4].

**Источник финансирования.** Работа выполнена в рамках проекта ИО РАН № 0149-2019-0007 по Госзаданию ФАНО.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Давиташвили Л. Ш. Причины вымирания организмов. М.: Наука, 1969. 440 с.
2. Дмитренко О. Б. Детализация зональной шкалы четвертичных донных отложений по кокколитах (возвышенность Риу-Гранди Атлантического океана) // Океанология. 1987. Т. XXVIII. Вып. 4. С. 617-623.
3. Иванова Е. И., Зыбин Ф. И. Отчет о работах в рейсе N 46 НИС «Академик Иоффе». М.: ИО РАН, 2014. 101 с.
4. Рудли М. Геном: автобиография вида в 23 главах. М.: Изд-во «Э», 2016. 544 с.
5. Степанов В. Н. Океаносфера. М.: Мысль, 1983. 270 с.
6. Bralower T., Joan M., Kump L. R. Malformation in Nanoplankton species from Paleogen-Eocene Thermal maximum, a study of Expanded Records from shelf section in Maryland and New Jersey // GSA. 2015. Meeting in Baltimore, Meriland. USA (1-4 Nov. 2015).
7. Bralower T., Self-Treil J. Nanoplankton malformation during the Paleocene-Eocene Thermal Maximum and its paleoecological and paleoceanographic significance. AGU Publication. Paleooceanography. 2016. V. 31. P. 1423-1439.
8. Bukry D. Biostratigraphy of Cenozoic marine sediments by calcareous nannofossils // Micropaleontology. 1978. V. 24. № 1. P. 44-60.
9. Gartner S. Calcareous nannofossil stratigraphy and revised zonation of the Pleistocene // Marine Micropaleont. 1977. V. 2. P. 1-25.
10. Gibbs S., Bown P., Ridgwell A. et al. Mind the gap: Targeting biomineralisation impact of climate change on Coccolithophores // GSA. 2015. Baltimore, Meriland. USA (1-4 Nov. 2015).
11. Martini E. Standart Tertiary and Quaternary calcareous nannoplankton zonation // Proc. II planktonic confer. Roma. 1971. V. 2. P. 739-785.
12. Newsam Ch., Bown P. Calcareous nannoplankton population dynamics and evolution at the Middle Eocene Climatic optimum in the North Atlantic (IODP Site 1408) // GSA. 2015. Meeting in Baltimore, Meriland. USA (1-4 Nov. 2015).
13. Peterson L. C., Lohman G. P. Major change in Atlantic deep and bottom waters 700.000 yr ago: benthonic foraminiferal evidence from the South Atlantic // Quat. Res. 1982. V. 17. P. 26-38.
14. Okada H. Neogene and Quaternary Calcareous Nannofossils from the Blacke Ridge, Sites 994, 995 and 997 // Proc. ODP, Sci Results. 2000. Vol. 164. P. 331-341.

## INCORRECT DISCOASTERS OF THE END OF THE PLIOCENE IN THE SEDIMENTS OF THE SOUTH-WEST ATLANTIC

© 2019 O. B. Dmitrenko

Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia  
\*e-mail: senidol@yandex.ru

Received October 24, 2017

Revised version received June 04, 2019

After revision June 18, 2019

Nanofossilia from the Late Pliocene-Pleistocene sediments collected at st. 3316 on the 46th cruise of the R/V "Akademik Ioffe" north of the Rio Grande Plateau of the SW Atlantic was studied. The presence of irregular forms of discoasters in a narrow horizon at the end of the formation of the *Discoaster brouweri* zone of the Upper Pliocene indicates sharp changes in the living conditions of these organisms, which led to deviations in the correct structure of their skeletons and subsequent extinction at the end of the Pliocene.

**Keywords:** nanofossilia, discoasters, Pliocene