



УДК 579.26:902.67:551.461.8

Л. Д. Баширова, Н. П. Лукашина, Е. С. Кандиано

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ ПАЛЕОТЕМПЕРАТУР
СЕВЕРНОЙ АТЛАНТИКИ ПО ПЛАНКТОННЫМ
ФОРАМИНИФЕРАМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
РАЗЛИЧНЫХ БИОМЕТРИЧЕСКИХ МЕТОДОВ**

167

Приведены результаты реконструкций поверхностных температур над северо-восточной частью Исландской котловины (Северо-Восточная Атлантика) для последних 300 тыс. лет с помощью методов М.С. Бараша, RAM, MAT и TFT на основе изучения планктонных фораминифер. Метод М.С. Бараша позволяет вычислять среднегодовые изменения температур поверхностных вод, а используемые в настоящее время методы RAM, MAT и TFT – сезонные изменения. Было проведено сравнение этих методов и показано, что в умеренных широтах целесообразно применять методы MAT и RAM.

This article presents the results of the reconstruction of surface temperature above the northeast part of the Iceland basin (Northeast Atlantic) for the last 300,000 years with help of the M. S. Barash method, as well as the RAM, MAT and TFT methods on the basis of the planktonic foraminifera data. The M. S. Barash method helps calculate the mean annual sea surface temperature changes, while the used nowadays MAT and RAM methods help calculate seasonal changes. The comparison of methods proves the use MAT and RAM methods appropriate in the middle latitudes.

Ключевые слова: планктонные фораминиферы, температуры поверхностных вод, изотопно-кислородные стадии (ИКС).

Key words: planktonic foraminifera, marine isotope stage (MIS), sea surface temperatures (SST).

Одной из основных групп микрофоссилий, используемых для восстановления палеотемператур океана, являются планктонные фораминиферы [1–4]. Они обитают в морях и океанах в поверхностном слое воды при нормальной океанической солености. Изменение их видового состава в современных осадках Атлантического океана позволило выделить пять фаунистических групп, связанных с климатической зональностью [5].

Около 2 млн лет назад на Земле начались глобальные изменения климата, вызванные развитием материковых оледенений и их таянием. Наиболее полно изучены климаты позднего плейстоцена [5; 6]. В соответствии с изотопно-кислородной стратиграфической номенклатурой, предложенной Эмилиани [7], выделяют изотопно-кислородные стадии (ИКС) – гляциалы и интергляциалы.

В России для палеореконструкций традиционен метод М.С. Бараша [5], в то время как в Европе и во всем мире применяют математические



методы реконструкций температур поверхностных вод океана. Методы базируются на разных принципах и для их использования необходимы разные фракции.

В настоящей работе мы сравнили результаты реконструкций, полученных разными методами и попытались выяснить, насколько целесообразно применение указанных методов в умеренных широтах, а также проанализировали распределение планктонных фораминифер в колонке АМК-4438 и их факторные нагрузки.

Материал и методы

168

Для исследования был выбран керн АМК-4438 длиной 320 см, взятый на северо-восточном склоне Исландской котловины (59°31'66" с.ш., 17°57'73" з.д., глубина 2240 м). Планктонные фораминиферы были изучены в 153 пробах, которые отбирались непрерывно по 2 см. Их подсчет и определение проводились во фракции >150 мкм (для математических методов) и >100 мкм (для метода М.С. Бараша). Во всех случаях образцы квартовались до получения навески, содержащей не менее 300 раковин. В каждой пробе определялось процентное содержание раковин планктонных фораминифер.

Для первичного определения палеотемператур нами был использован метод М.С. Бараша, который позволяет восстанавливать среднегодовую температуру поверхностной воды [5]. Построенная палеотемпературная кривая позволила выделить в керне АМК-4438 9 изотопно-кислородных стадий (ИКС), охватывающих последние 300 тыс. лет (последний плейстоцен — голоцен).

Результаты определения палеотемператур по методу М.С. Бараша сопоставлялись с такими математическими методами, как современный аналоговый метод (Modern Analogue Technique (MAT)) [8], пересмотренный аналоговый метод (Revised Analog Method (RAM)) [9]. Эти методы позволяют восстанавливать зимние и летние температуры поверхностных вод. Также была использована факторная модель, построенная по функциональному методу (Transfer Function Technique (TFT)) [10].

Результаты и обсуждение

В керне АМК-4438 было идентифицировано 10 видов планктонных фораминифер, шесть из которых являются доминирующими в данном комплексе: *Neogloboquadrina pachyderma sin.* (Ehrenberg), *Turborotalita quinqueloba* (Natland), *Neogloboquadrina pachyderma dex.* (Ehrenberg), *Globigerinita glutinata* (Egger), *Globorotalia inflata* (d'Orbigny), *Globigerina bulloides* (d'Orbigny). Виды *Globorotalia truncatulinoides* (d'Orbigny), *Globorotalia scitula* (Brady), *Globorotalia hirsuta* (d'Orbigny) и *Orbulina universa* (d'Orbigny) редкие виды в нашем керне, их концентрации не превышают 6 % даже в самые теплые периоды (рис. 1).

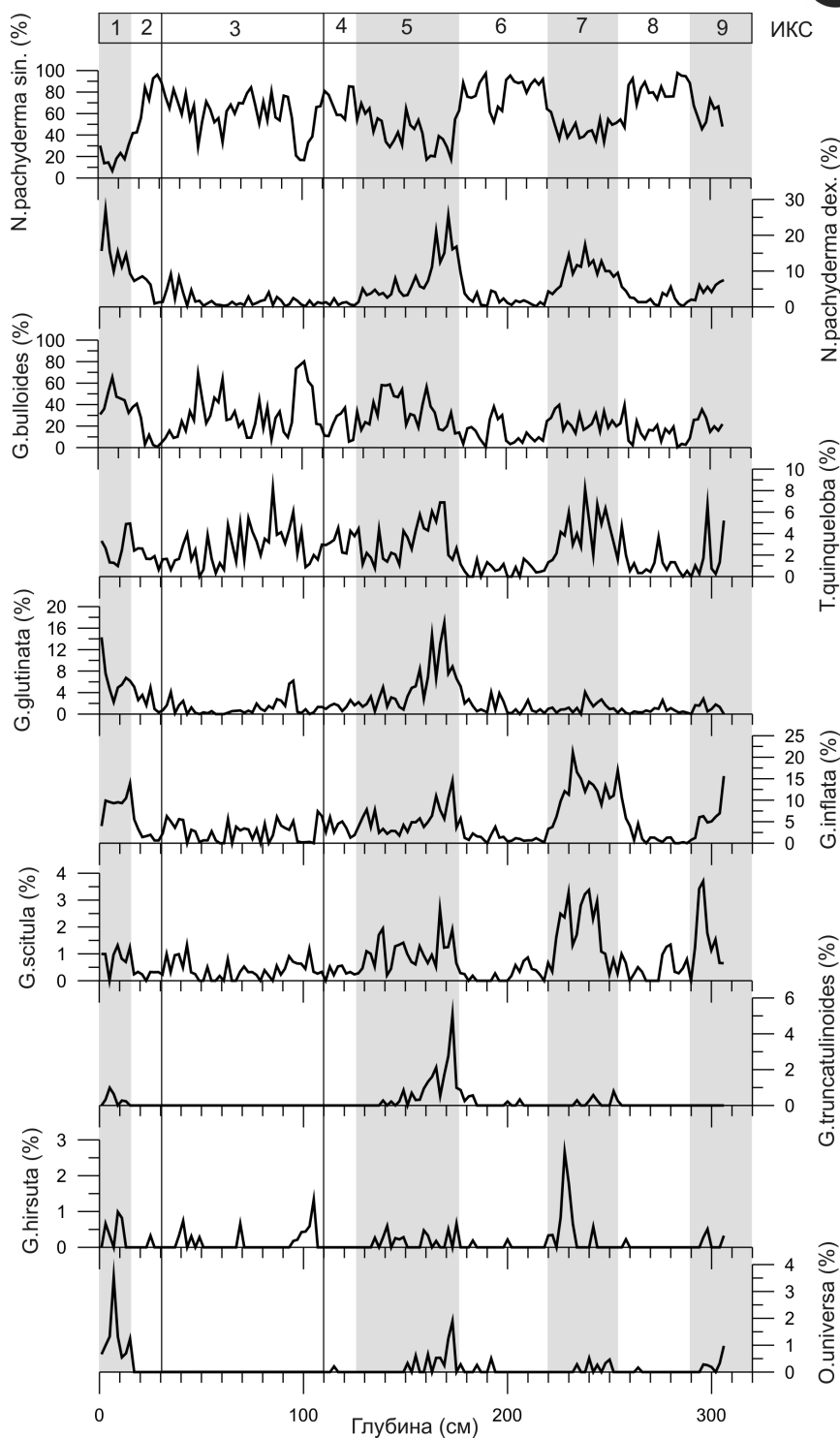


Рис. 1. Процентное содержание раковин планктонных фораминифер в колонке АМК-4438. Серым цветом выделены периоды межледниковья (интергляциалы)



Каждый вид играет определенную роль в комплексе, которая описывается разными факторами. Наибольшее содержание раковин в комплексе представлено полярным видом *N. pachyderma sin.* (рис. 1). Наблюдается обратная зависимость между повышением температур и содержанием раковин данного вида в комплексе. Этот вид описывается полярным фактором (фактор 3), он имеет самую большую нагрузку (рис. 2).

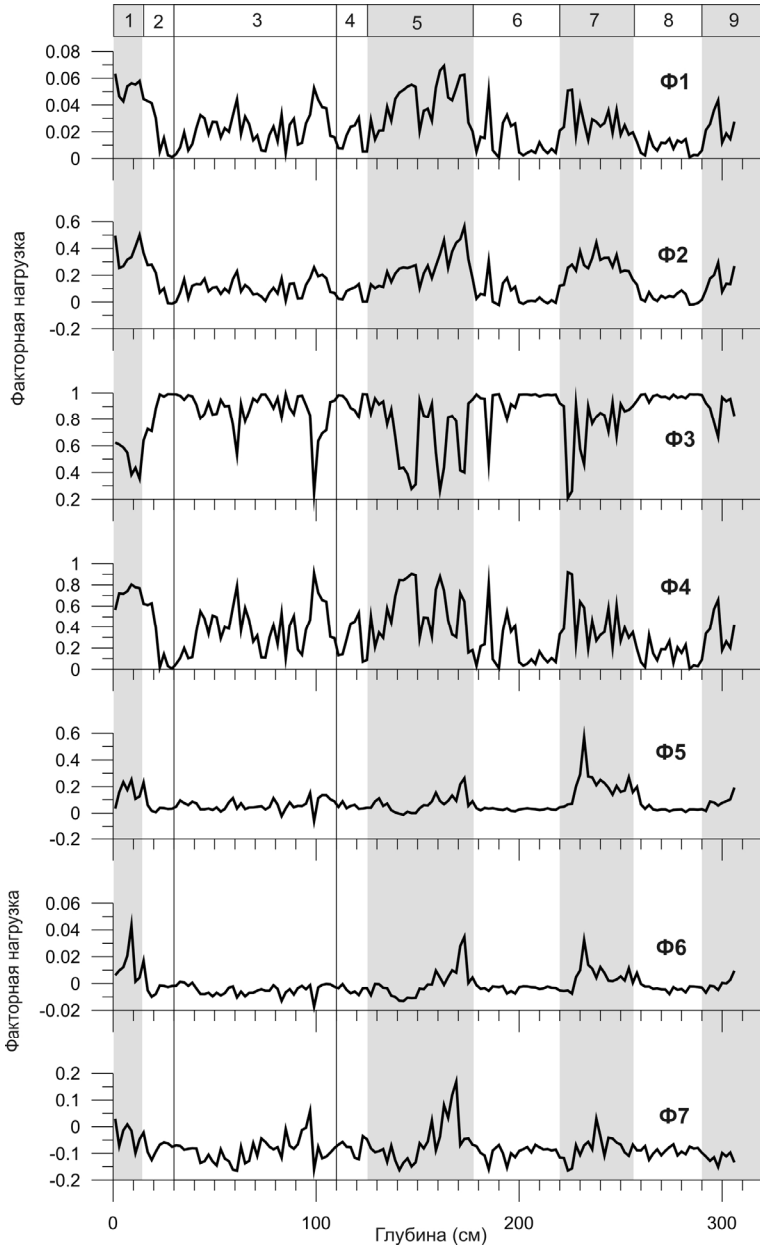


Рис. 2. Распределение факторных нагрузок в колонке АМК-4438. Серым цветом выделены периоды межледниковья (интергляциалы)



N. pachyderma dex. составляет до 30 % раковин всего комплекса и зеркально отображает распределение *N. pachyderma sin.* (рис. 1). *N. pachyderma dex.* описывается фактором 2, который имеет значение для умеренного климатического пояса. Факторы 2 и 3 хорошо отображают смену гляциалов и интергляциалов (рис. 2).

Высокие процентные значения имеют виды *G. bulloides* и *T. quinqueloba* (рис. 1). *G. bulloides* реагирует на продуктивность, этот вид описан фактором 4 – фактором продуктивности. Нами также выделен фактор *T. quinqueloba* (фактор 7) (рис. 2). Оба вида довольно устойчивы к изменениям температур. *Gt. glutinata* имеет два пика – в период ИКС 1 (голоцен) и в период ИКС 5 (подстадия 5e). В остальные периоды количество раковин не превышает 6 % от всего комплекса (рис. 1).

Вид *Gr. inflata* описан фактором 5 (рис. 2). Это фактор растворения. Если глубина поверхностного образца лежит ниже лизоклина, то *G. inflata* преобладает в комплексе, так как она обладает более толстой стенкой раковины.

Фактор 1 (субтропической и тропической зоны) и фактор 6 (фактор берегового тропического апвеллинга около Африки) имеют низкие нагрузки и определяются по акцессорным (добавочным) видам, отсутствующим в нашем керне (рис. 2).

Над Исландской котловиной в настоящее время распространена североатлантическая поверхностная вода со среднегодовой температурой 9–10°C [12]. Температура, восстановленная в верхних образцах, соответствует оптимуму голоцена: по методике Бараша она составляет 11,3°C; по МАТ – 8,6°C зимой и 12,4°C летом; по RAM – 9°C зимой и 13,1°C летом (рис. 3).

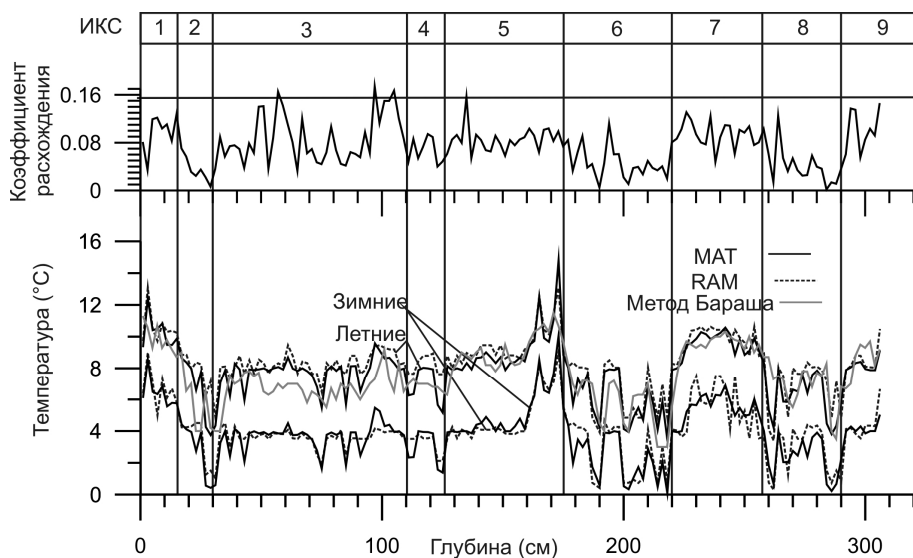


Рис. 3. Сравнение температур поверхностных вод, восстановленных с помощью методов М. С. Бараша, МАТ и RAM



Наиболее резкие пики низкой температуры приходятся на периоды между 12 и 24 тыс. лет назад, между 128 и 186 тыс. лет назад и между 245 и 303 тыс. лет назад (ИКС 2, 6 и 8). Пики высоких температур были в голоцене – последние 10 тыс. лет (ИКС 1) и между 117 и 125 тыс. лет назад (ИКС 5е). ИКС 5 является самой теплой стадией и вызывает большой интерес у ученых, особенно подстадия 5е. Именно в этот период отмечаются максимальные значения температур на протяжении последних 300 тыс. лет: по МАТ – 10,1°С зимой и 14,8°С летом, по РАМ – 9°С зимой и 13,1°С летом, по методике Бараша – 11,5°С.

Коэффициент расхождения превышает нормальные значения (0,15) только в четырех образцах (рис. 3). Данные образцы не интерпретировались, так как не могут считаться надежными.

Выводы

Результаты нашего исследования показали, что расхождения между методами МАТ и РАМ достигают около 1–2°С. Для сравнения данных этих методов с данными метода М.С. Бараша мы использовали усредненные показатели температуры вместо сезонных. Так, в оптимуме голоцена температуры, восстановленные методом М.С. Бараша, на 3°С выше, чем температуры, полученные с помощью МАТ и РАМ. На ИКС 5е значения температур по М.С. Барашу близки к данным по МАТ и РАМ.

В целом все три метода показывают четкие совпадения смен гляциалов и интергляциалов. Для умеренных широт удобно применять данные о сезонном изменении температур, так как разница между летними и зимними температурами довольно большая. Метод М.С. Бараша больше подходит для субтропических и тропических районов, где разницы летних и зимних температур незначительны.

Список литературы

1. Имбри Дж., Имбри К.П. Тайны ледниковых эпох / под ред. Г.А. Авсюка. М., 1988.
2. Кеннет Дж. Морская геология: в 2 т. М., 1987. Т. 2.
3. Лукашина Н.П. Палеоокеанология Северной Атлантики в позднем мезозое и кайнозое и возникновение современной термогалинной океанской циркуляции по данным изучения фораминифер. М., 2008.
4. Михайлова И.А., Бондаренко О.Б., Обручева О.П. Общая палеонтология: учебник. М., 1989.
5. Бараш М.С. Четвертичная палеоокеанология Атлантического океана. М., 1988.
6. Kandiano E. S., Vauch H. A. Phase relationship and surface water mass change in the Northeast Atlantic during Marine Isotope Stage 11 (MIS 11) // Quaternary Research, 2007. P. 1–11.
7. Emiliani C. Pleistocene temperatures // J. Geol. 1955. Vol. 63. P. 538–578.
8. Prell W.L. The stability of low latitude sea surface temperatures: An evaluation of the CLIMAP reconstruction with emphasis on positive SST anomalies // Rep. TR 025. U.S. Dept. of Energy. Washington, 1985.
9. Waelbroeck C., Labeyrie L., Duplessy J.-C. et al. Improving past sea surface temperature estimates based on planktonic fossil faunas // Paleoclimatology 13. 1998. P. 272–283.



10. Imbrie J., Kipp N.G. A new micropaleontological method for quantitative paleoclimatology: application to a Late Pleistocene Caribbean core // *The Late Cenozoic Glacial Ages* / ed. K.K. Turekian. New Haven, 1971. P. 71 – 181.

11. *Атлантический и Индийский океаны. Атлантический океан* // Атлас океанов. М., 1977.

Об авторах

Лейла Джангировна Баширова — мл. науч. сотр., учреждение Российской академии наук АО Институт океанологии РАН им. П. П. Ширшова, e-mail: bas_leila@mail.ru

Надежда Павловна Лукашина — д-р геол.-мин. наук, вед. науч. сотр., учреждение Российской академии наук АО Институт океанологии РАН им. П. П. Ширшова, e-mail: lukashinanp@mail.ru

Евгения Сергеевна Кандиано — науч. сотр., канд. геол. наук, Институт морских исследований им. К. Лейбница ИФМ ГЕОМАР, Киль, Германия; учреждение Российской академии наук АО Институт океанологии РАН им. П. П. Ширшова, Калининград, e-mail: ekandiano@ifm-geomar.de

173

About authors

Leila D. Bashirova — Junior Research Fellow, Atlantic Branch of the P.P. Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Science, e-mail: bas_leila@mail.ru

Prof. Nadezhda P. Lukashina — Leading Research Fellow, Atlantic Branch of the P.P. Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Science, e-mail: lukashinanp@mail.ru

Dr. Yevgenia S. Kandiano — Research Fellow, Leibniz Institute of Marine Sciences (IFM-GEOMAR) (Kiel, Germany); Atlantic Branch of the P.P. Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Science (Kaliningrad, Russia); e-mail: ekandiano@ifm-geomar.de