

МИГРАЦИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ ЗОН В АТЛАНТИЧЕСКОМ ОКЕАНЕ И ПРИЛЕГАЮЩИХ РЕГИОНАХ В СРЕДНЕМ И ПОЗДНЕМ ТУРОНЕ ПО ПЛАНКТОННЫМ ФОРАМИНИФЕРАМ

Е. А. Соколова

*Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, 117997, Москва,
Нахимовский проспект, д. 36, e-mail: sokolova@ocean.ru*

Статья поступила в редакцию 15.02.2018, одобрена к печати 26.04.2018

По распределению раковин планктонных фораминифер (собственные данные) в туронских ядрах глубоководного бурения были реконструированы климатические зоны, соответствующие разным типам водных масс в Атлантическом и южной части Индийского океанов. Кроме того, использовались образцы из шельфовых морей Австралии и литературные данные по эпиконтинентальным бассейнам северного полушария. На основе пространственного распределения типов танатоценозов построены карты климатической зональности для раннего и среднего турона. Сравнение полученных реконструкций показало, что размеры климатических зон и очертание их границ в течение изученного временного интервала изменялись. Средний турон отличался исключительно теплыми и мягкими климатическими условиями. В позднем туроне наметилась некоторая тенденция к похолоданию. Наиболее ярко это проявилось в высоких широтах Индийского океана. Границы всех климатических зон сместились к экватору.

Ключевые слова: поздний мел, турон, фораминиферы, палеоклимат, климатическая зональность, водные массы

Введение

Планктонные фораминиферы (ПФ) отличаются широким распространением и большой чувствительностью к изменениям условий окружающей среды. Различным климатическим зонам соответствуют разные типы водных масс, характеризующиеся разными комплексами ПФ. Это позволяет успешно использовать их раковины для выделения в древних толщах слоев, которые накапливались в периоды потеплений и похолоданий, и реконструировать климатические условия далекого прошлого. Закономерности распределения современных и кайнозойских ПФ в водах Мирового океана к настоящему времени хорошо изучены (Бараш, 1988; Блюм, Соколова, 1987; Оськина и др., 1982). Ряд реконструкций выполнен для мелового времени (Соколова, 1998; Соколова, 2001; Hart, 2000; Zakharov, 2006). Кроме того, климатические пояса для среднего и позднего мела были выделены по палеоботаническим данным (Герман, 2004). Однако материалы, опубликованные по этому вопросу, недостаточно систематизированы и не очень полны. Поэтому дальнейшее микропалеонтологическое исследование мезозойского осадочного чехла представляет большой интерес.

В настоящей статье приведены результаты фораминиферового анализа, проведенного для средне- и позднеюронских океанических отложений.

Материал и методика исследования

По данным распределения раковин ПФ в туронских кернах глубоководного бурения нами была реконструирована климатическая зональность для акватории Атлантического и южной части Индийского океанов. Основным материалом для реконструкций послужили 250 собственноручно обработанных и изученных образцов из кернов 17 скважин глубоководного бурения и разрезов шельфовых морей Австралии. Кроме того, использовались литературные данные по разрезам северного полушария (Ion, 1983; Peryt, 1980) и опубликованные оценки палеотемператур, полученные в результате изотопно-кислородного анализа (Vice, et al., 2003; Hart, 2000; Zakharov, 2006).

Основы метода реконструкции климатической зональности древних океанов, разработанные и применяемые группой авторов (Блюм, Соколова, 1987; Оськина и др., 1982), базируются на актуалистическом подходе. Исследование ведется последовательно от более молодых и, следовательно, более изученных срезов к более древним. При реконструкции климатической зональности поздне мелового океана приходилось учитывать, что природные условия мела очень сильно отличаются от условий, существовавших в кайнозойе, и вносить изменения и поправки в упомянутый метод (Соколова, 1998). Предлагаемая автором методика (с учетом меловой специфики), была неоднократно опробована (Кобаевич, Соколова, 2003; Соколова, 2001; Соколова, 2005). Ее суть состоит в следующем. Предполагается, что чувствительность определенного вида к тем или иным условиям среды не меняется за все время его существования; при установлении оптимальных условий вид увеличивает свою численность, при ухудшении – сокращает или полностью вымирает. Виды, обитающие в сходных климатических условиях, имеют сходные ареалы распространения. Раковины этих видов встречаются совместно в океанических осадках, которые сформировались в течение единых климатических этапов. Это позволяет объединить виды в климатические группы. В ряде случаев бывает трудно отнести тот или иной вид к какой-либо группе. В осадках, сформированных на больших глубинах, виды, неустойчивые к растворению, отсутствуют, и нарушается изначальное соотношение видов. Кроме того, некоторые виды имеют очень широкие ареалы, их распространение не ограничивается узким климатическим поясом. Поэтому для выделения климатических групп главными критериями являются не ареалы распространения видов, а положение районов максимальной концентрации их раковин. Для поздне меловых осадков выделяются три климатические группы, названные по аналогии с современными: тропической, субтропической и умеренной. Эти группы не имеют прямых аналогов с современными группами, так как почти все древние виды вымерли на границе мела и палеогена. Однако раковины современных и меловых видов, относящиеся соответственно к тепловодным или холод-

новодным группам имеют характерные морфологические признаки. Дальнейшее исследование показало, что даже в пределах одной климатической группы, районы максимального обилия раковин разных видов несколько смещаются по отношению к экватору. Это позволило расположить виды ПФ в климатический ряд от самого тепловодного к самому холодноводному.

Танатоценозы ПФ состоят из представителей разных климатических групп. В танатоценозах одного и того же типа соотношения этих климатических групп приблизительно одинаковы. Районы с различными типами танатоценозов являются разными климатическими зонами океана, соответствующими разным типам водных масс.

В туроне для изучения были выбраны два временных среза, соответствующие по стратиграфической шкале (Robaszynski, Caron, 1995) среднему – (зона *Marginotruncana schneegansi*) и позднему турону (основание зоны *Dicarinella concavata*).

Этой работе предшествовали реконструкции, выполненные для четырех временных срезов маастрихта (Соколова, 1998), трех – кампана (Соколова, 2001), двух – сантона (Кобаевич, Соколова, 2003) и двух – коньяка (Соколова, 2005). При изучении каждого временного интервала, в соответствии с методом актуализма, используется материал, накопленный при исследовании более молодых отложений.

Туронские танатоценозы ПФ

В соответствии с нашей методикой работу над туронским материалом мы начали с самого молодого среза. В нашем распоряжении были образцы из 17 скважин и разреза Австралии. В отложениях верхнего турона (основание фораминиферовой зоны *Dicarinella concavata*) определено 105 видов ПФ. Из них 27 встречены в 15–17% скважин, остальные обнаружены только в 1–2 скважинах. Стратиграфическое распределение широко распространенных видов приведено на рис. 1. Кроме того, использовались литературные данные по разрезам северного полушария (Ion, 1983; Peryt, 1980).

С целью реконструкции климатической зональности позднего турона были составлены карты распределения всех широко распространенных в основании стратиграфической зоны *Dicarinella concavata* видов ПФ. Проведено сравнение ареалов видов, вымерших на границе турона и коньяка с одновозрастными ареалами видов, климатическая природа которых была выявлена ранее при изучении более молодых срезов. Например, ареал вида *Marginotruncana bouldinensis* Pessagno совпадает с ареалами *Marginotruncana paraconcavata* (Porthault) и *Dicarinella concavata* (Brotzen) в позднем туроне (рис. 2). Климатическая природа двух последних видов была установлена при изучении коньякских отложений. Это позволяет отнести вид *Marginotruncana bouldinensis* к субтропической группе и определить его место в климатическом ряду (рис. 3). При анализе полученного климатического ряда, были выявлены некоторые закономерности. Виды умеренной группы встречались в позднем туроне повсеместно. Их раковины образовывали в высоких широтах два чет-

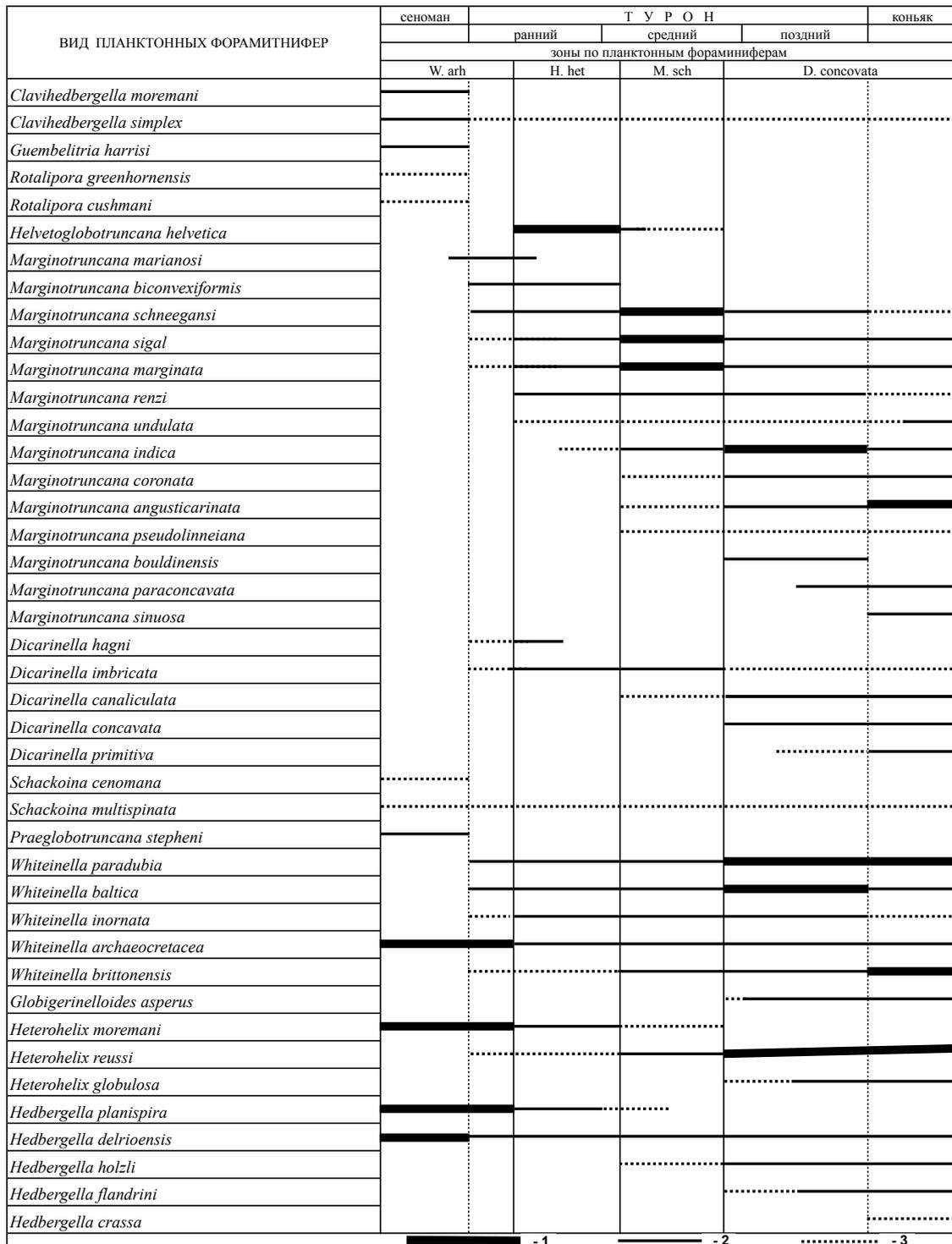


Рис. 1. Стратиграфическое распределение видов ПФ. 1 – обильны (более 8%); 2 – обычные (менее 8%); 3 – встречаются спорадически. Расшифровка зон по ПФ: W. arh – *Whiteinella archaeocretacea*; H. hel – *Helvetoglobotruncana helvetica*; M. sch – *Marginotruncana schneegansi*; D. concavata – *Dicarinella concavata*.

ко выраженные района максимальной концентрации. Субтропические виды чрезвычайно широко распространены по всей акватории океана, а также в окраинных

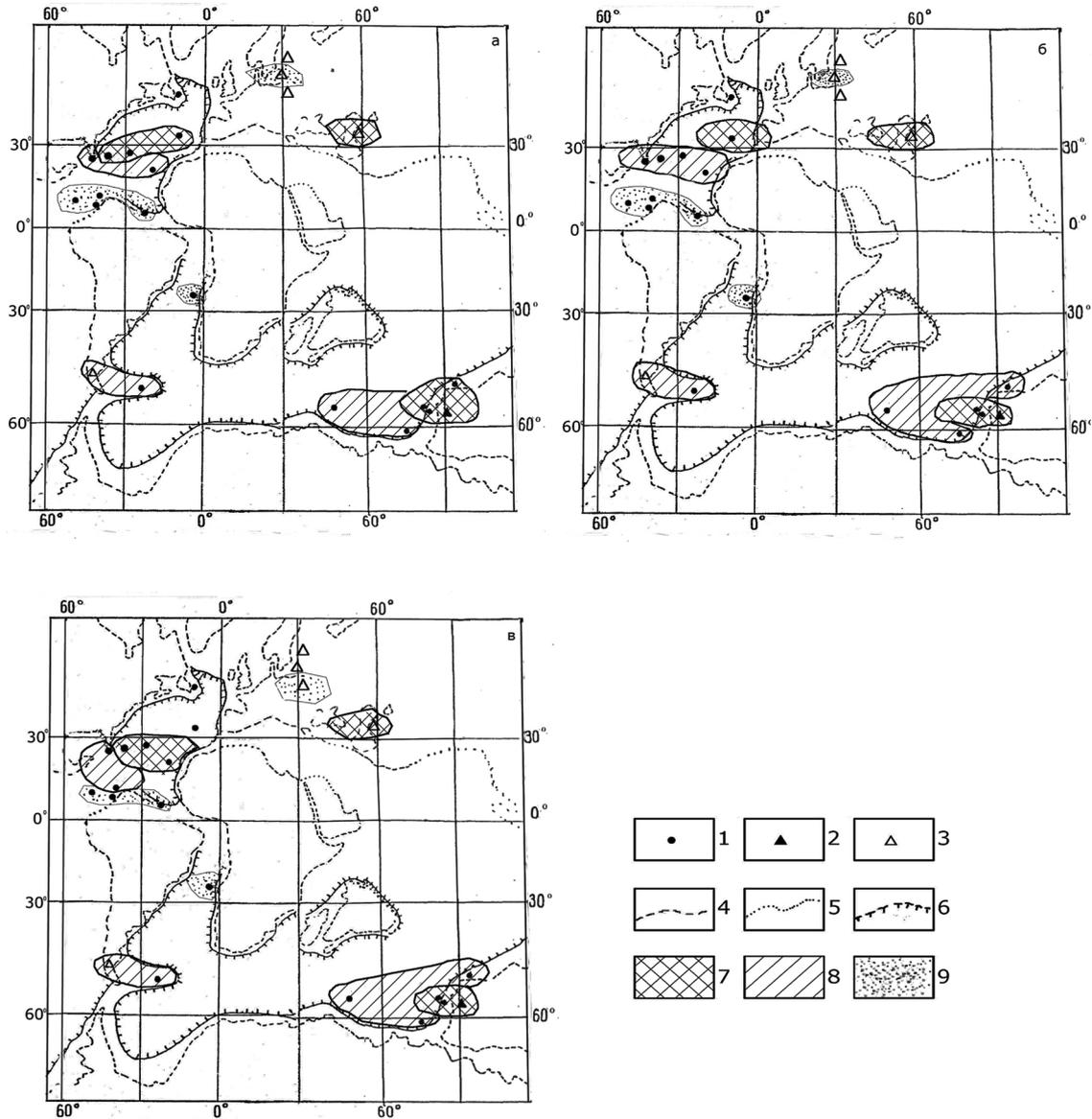


Рис. 2. Распределение раковин вида *Marginotruncana bouldinensis* Pessagno (а); *Marginotruncana paraconcavata* Porthault (б); *Dicarinella concavata* (Brotzen) (в) в позднеуронских отложениях: 1 – скважины глубоководного бурения; 2, 3 – разрезы, описанные на территории современных континентов: 2 – изученные автором; 3 – по литературным данным; 4, 5 – границы континентов: 4 – современных; 5 – в меловом периоде; 6 – границы шельфа; 7–9 – процентное содержание раковин: 7 – более 8%; 8 – 5–8%; 9 – менее 5%.

шельфовых морях Австралии и в эпиконтинентальных бассейнах северного полушария. Районы максимальной концентрации их раковин располагаются в средних широтах по обе стороны от экватора. Виды тропической группы имели более узкий ареал распространения и один низкоширотный район максимальной концентрации раковин (рис. 3).

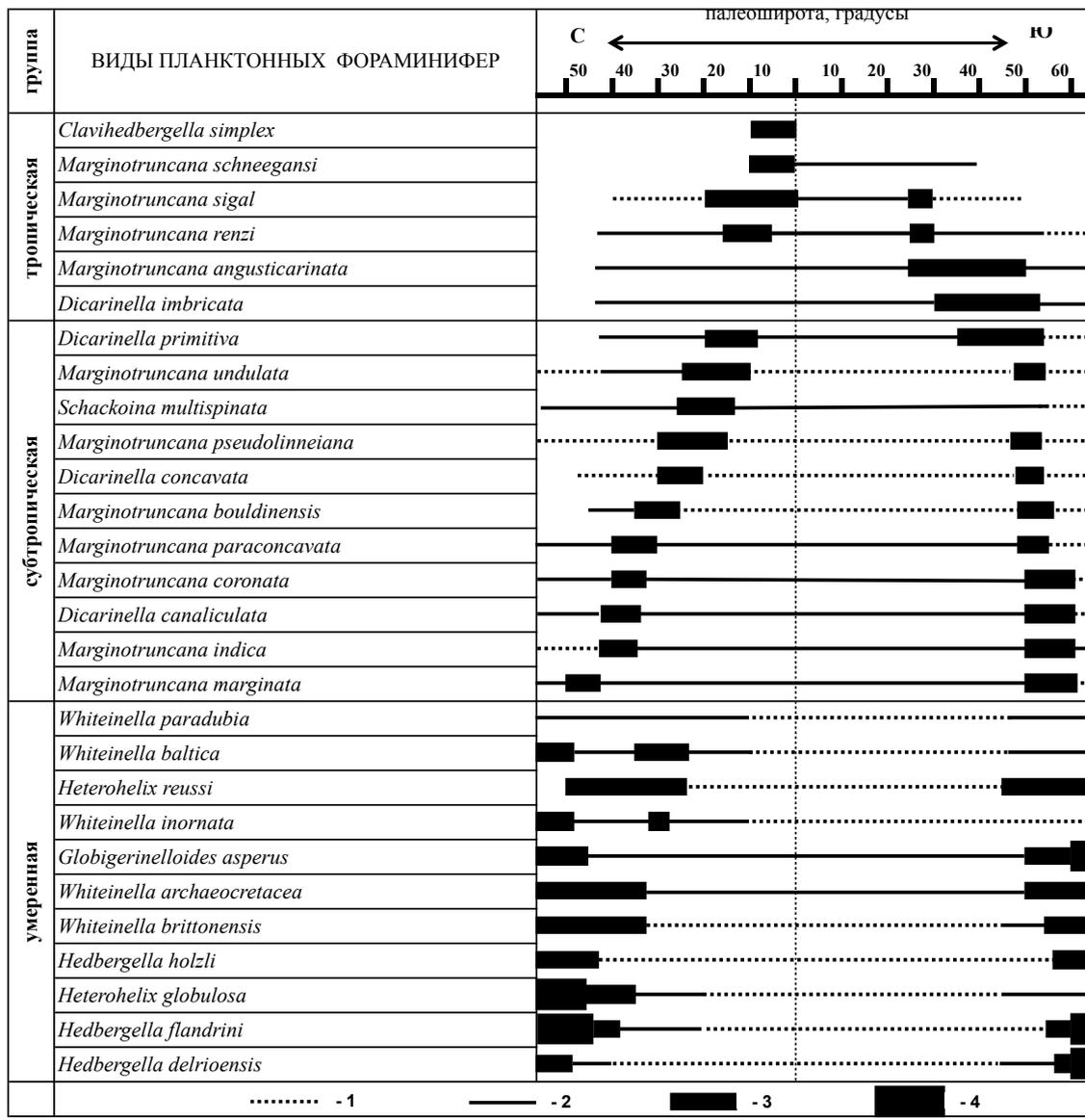


Рис. 3. Климатические группировки видов ПФ в позднем туроне: 1 – встречаются спорадически; 2 – обычны; 3 – обильны; 4 – весьма обильны.

Для каждой скважины и для каждого разреза было подсчитано число раковин видов ПФ, относящихся к разным климатическим группам, определено их соотношение. Точки с одинаковыми значениями этих соотношений характеризуются одним типом танатоценоза. В результате для позднего турона выделены три типа и один подтип танатоценоза: 1) в бореальном типе танатоценоза доминирует самый холодноводный вид *Hedbergella delrioensis* (Carsey), в конце позднего турона весьма обильны раковины вида *Heterohelix holzli* (Hagn and Zeil), присутствуют не менее 7 умеренных видов, составляющих по численности 45–50%, встречаются 5–6 субтропических видов; 2) промежуточный тип танатоценоза, представлен 18–22 видами субтропической группы, преобладающими в процентном отношении (многие виды имеют узкое широтное распространение), доминируют раковины различных

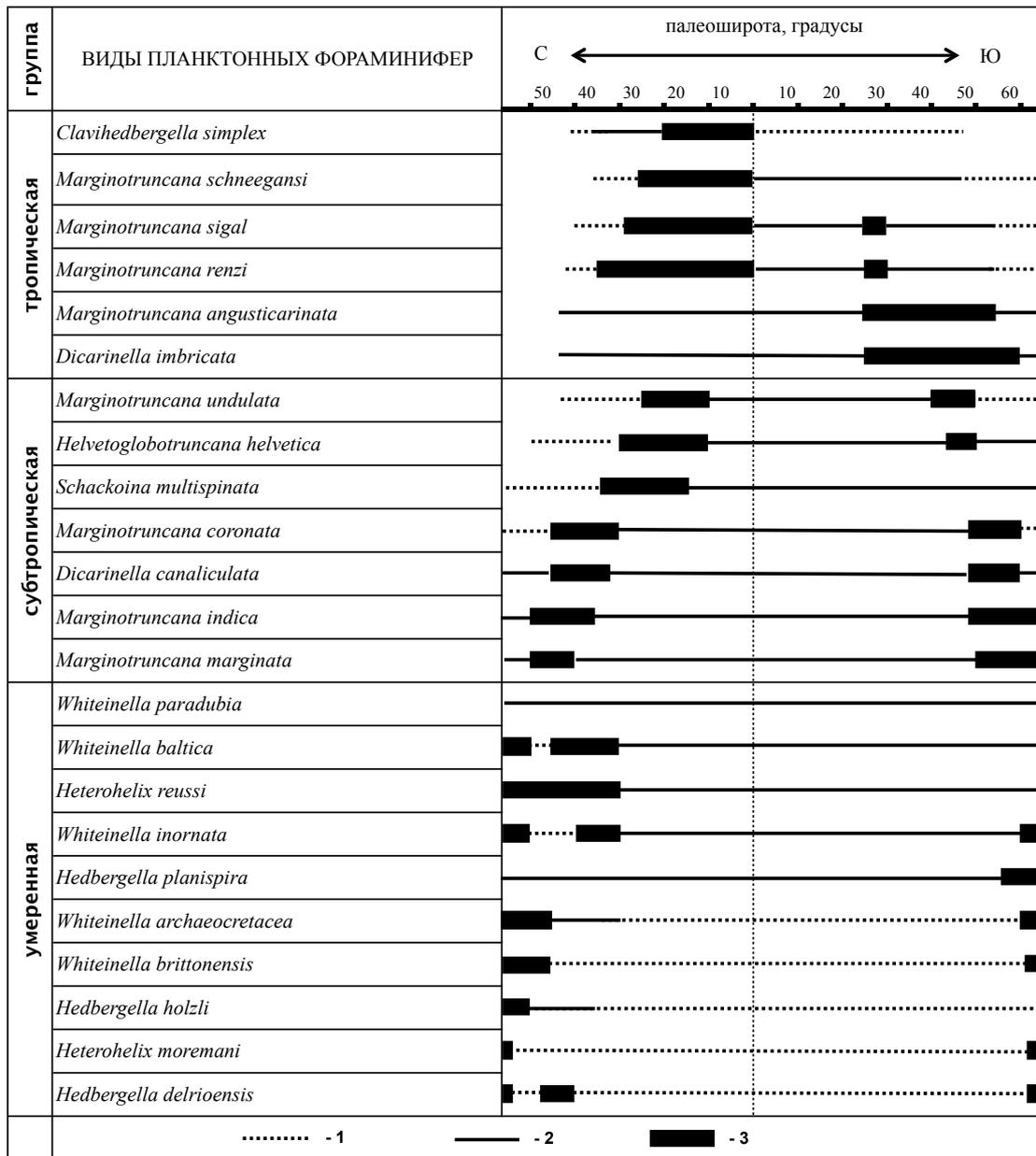


Рис. 4. Климатические группировки видов ПФ в среднем туроне: 1 – встречаются спорадически; 2 – обычные; 3 – обильны.

маргинотрункан и дикаринелл, виды умеренной группы составляют около 35%, а на долю тропических видов приходится не более 10%; 3) тетический тип танатоценоза характеризуется обилием и разнообразием всех видов ПФ, среди которых доминируют тропические формы (от 30 до 40% по численности); теплоавстралийный подтип танатоценоза отличается от бореального присутствием единичных видов тропической группы.

Климатическая зональность для среднего турона реконструирована по 16 скважинам. В исследуемых отложениях зоны *Marginotruncana schneegansi* встречено 98 видов ПФ. Из них 26 широко распространены, они встречены более чем в 12% скважин. Полученный для среднего турона состав групп приведен на рис. 4.

Построенный климатический ряд несколько отличается от выше описанного. Отличия состоят в следующем. Виды умеренной группы распространены в среднем туроне достаточно широко (рис. 4), но их численность весьма ограничена. Только в высоких широтах северного полушария наблюдаются небольшие районы их повышенной концентрации. В Южном полушарии существенного увеличения численности раковин видов умеренной группы практически не наблюдается. Районы максимальной концентрации раковин субтропических видов в среднем туроне несколько смещены к полюсам (рис. 4). Виды тропической группы имеют более широкий ареал распространения. Они встречаются даже в высоких широтах Южного полушария, а район их максимальной концентрации занимает довольно большую акваторию от 45° ю.ш. до 30° с.ш. (здесь и далее имеются в виду палеошироты). Выделенные типы танатоценозов сходны с типами, описанными выше для среза зоны *Dicarinella concavata*. Их отличия состоят в следующем: 1) в отложениях среднего турона не выделен теплоавстральный подтип танатоценоза; 2) в бореальном типе танатоценоза резко доминирующих форм не наблюдается, виды умеренной группы не превышают 40% по численности; 3) в промежуточный тип танатоценоза в среднем туроне соотношение умеренных и тропических видов несколько смещается в пользу последних, их численность доходит до 20%.

На основе пространственного распространения тех или иных типов танатоценозов были построены климатические зоны для среднего и раннего турона (рис. 5). Положение скважин на картах определено по палеогеодинамическим реконструкциям (Зоненшайн, 1984; Scotese, 1991).

Карты климатической зональности для выбранных временных срезов турона

Выделенные климатические зоны океана соответствуют определенным типам водных масс и характеризуются разными танатоценозами ПФ. В результате анализа изменения положения границ климатических зон на изученных срезах и обзора литературных данных можно сделать следующие заключение о миграции водных масс в течение среднего и позднего турона.

Анализ карты климатической зональности для стратиграфической зоны *Margi-notruncana schneegansi* (рис. 5а) показал, что средний турон характеризовался весьма тепловодными условиями. В высоких широтах океана отсутствовали условия, характерные не только для бореальной и австральной зон; даже теплоавстральные и теплобореальные танатоценозы в океане не выявлены. Существование бореальной зоны можно предположить по находкам бореального комплекса микрофауны в разрезах Польши. Промежуточная зона в северном полушарии занимала акваторию от 45° до 20° с.ш. В Южном полушарии она была значительно смещена в сторону полюса. Промежуточный тип танатоценоза распространен в разрезах шельфовых морей Австралии и отмечен в Индийском океане на палеошироте 60° ю.ш., что абсолютно нехарактерно для столь высоких широт. Северная граница промежуточной

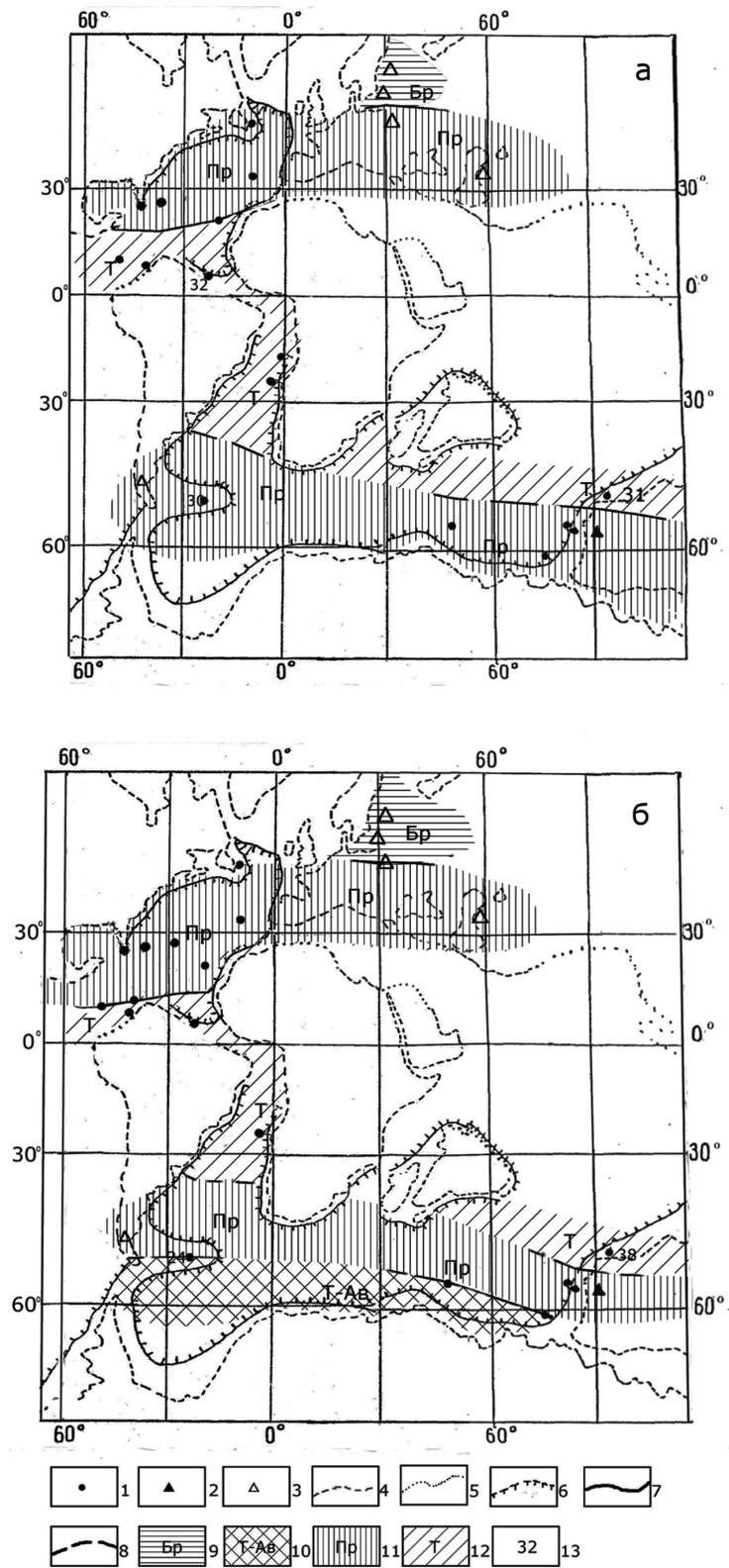


Рис. 5. Климатическая зональность в среднем (а), позднем туроне (б): 1–6 – см. на рис. 2; 7, 8 – границы климатических зон (7 – достоверные, 8 – гипотетические); 9–12 – климатические зоны (9 – бореальная, 10 – теплоавстральная, 11 – промежуточная, 12 – тетическая); 13 – палеотемпературы по литературным данным.

зоны проходила в районе 40–45° ю.ш. Тетическая зона распространялась от 15° с.ш. до 40° ю.ш. (рис. 5а).

При анализе карты климатической зональности для основания стратиграфической зоны *Dicarinella concavata* (рис. 5б) выяснилось, что в позднем туроне наметилась тенденция к похолоданию. В северном полушарии бореальная зона распространялась до 40° палеошироты. Ее южная граница проходила через разрезы Карпат (Ion, 1983), где, преимущественно, был развит переходный теплобореальный тип танатоценоза. Аналогичный теплоавстралийский танатоценоз характеризует отложения Индийского и Атлантического океанов в высоких широтах южного полушария. Промежуточная зона занимала в Северном полушарии значительную акваторию от 40° до 10° с.ш. В Южном полушарии ее простирание ограничивалось пространством от 50° до 35° ю.ш. в Атлантическом океане, и от 60° до 45° ю.ш. в Индийском. Тетическая зона сузилась на 20°. Она занимала акваторию от 10° с.ш. до 35° ю.ш. (рис. 5б).

Установленное нами положение климатических зон подтверждается рядом палеотемпературных оценок (Vice et al., Hart, 2000; Zakharov et al., 2006).

Выводы

Климат в туроне был теплым и однородным, то есть отсутствовала резкая дифференциация температурных условий. Температура поверхностной воды в высоких широтах не опускалась ниже 24°C, а в экваториальном пространстве колебалась в диапазоне 32–33°C. Такое распределение температур, по-видимому, было обусловлено тем, что температурный градиент между полюсом и экватором был невелик, и горизонтальная циркуляция поверхностных вод в туроне была относительно вялой.

В Северном полушарии было значительно прохладней, чем в Южном. Границы климатических зон на протяжении изучаемого временного интервала были расположены ассиметрично относительно экватора – смещены к югу.

Средний турон характеризуется аномально теплыми условиями. Температура поверхностных водных масс, даже в высоких широтах, достигала 30°C.

В позднем туроне наметилась некоторая тенденция к похолоданию. Наиболее ярко это проявилось в высоких широтах Индийского океана. Границы всех климатических зон сместились к экватору.

Работа выполнена в рамках государственного задания ФАНО России (тема № 0149-2018-0005).

Литература

- Бараиш М.С. Четвертичная палеоокеанология Атлантического океана. – М.: Наука, 1988. – 272 с.
- Блюм Н.С., Соколова Е.А. Климатическая зональность Тихого океана в миоцене по данным анализа комплексов планктонных фораминифер // Бюл. МОИП. Отд. геол. – 1987. – Т. 62. – Вып. 6. – С. 116–130.

- Герман А.Б. Позднемеловой климат Евразии и Аляски. – М.: Наука, 2004. – 157 с.
- Зоненшайн Л.П., Савостин Л.А., Седов А.П. Глобальные палеогеодинамические реконструкции для последних 160 млн л. // Геотектоника. – 1984. – № 3. – С. 3–16.
- Кобаевич Л.Ф., Соколова Е.А. Сравнение комплексов сантонских планктонных фораминифер из скважин Атлантического океана и некоторых эпиконтинентальных бассейнов Северного полушария // Бюл. МОИП. Отд. геол. – 2003. – Т. 78. – Вып. 5. – С. 60–70.
- Оськина Н.С., Иванова Е.В., Блюм Н.С. Климатическая зональность Атлантического, Индийского и Тихого океанов в плиоцене // Докл. АН СССР. – 1982. – Т. 264. – № 2. – С.400–407.
- Соколова Е.А. Палеоокеанологические реконструкции Тихого океана для конца позднего мела (маастрихт) по планктонным фораминиферам. – М., 1998. – 174 с. – [Деп. в ВИНТИ 26.05.98. № 1351 98].
- Соколова Е.А. Отражение климатической зональности кампана в Мировом океане по планктонным фораминиферам // Бюл. МОИП. Отд. геол. – 2001. – Т. 76. – Вып. 4. – С. 57–61.
- Соколова Е.А. Климатическая зональность Атлантического и Индийского океанов в позднем туроне, коньяке и сантоне по планктонным фораминиферам // Меловая система России и ближайшего зарубежья: Проблемы стратиграфии и палеогеографии: Сборник научных трудов. – СПб: Изд-во НИИЗК СПбГУ, 2005. – С. 102–110.
- Bice K.L., Huber B.T., Norris R.D. Extreme polar warmth during the Cretaceous greenhouse // *Paleoceanography*. – 2003. – Vol. 18. – No. 2. P. 1–11.
- Hart M.B. Climatic modeling in the Cretaceous using the distribution of planktonic foraminifer // *Climates: Geological Society Special Publications*. – 2000. – No. 181. – P. 33–41.
- Ion J. Foraminifères planctoniques du crétacé supérieur de Tara Birsel (Carpatés Orientales) // *Etude micropaléontologique*. – 1983. – Vol. XXX1. – P. 5–167.
- Peryt D. Planktic foraminifera zonation of the Upper Cretaceous in the Middle Vistula River Valley, Poland // *Palaeontologica Polonica*. – 1980. – No. 41. – P. 3–101.
- Robaszynski F., Caron M. Foraminifères planctoniques du Crétacé: commentaire de la zonation Europe-Méditerranée // *Bull. Soc. Geol. France*. – 1995. – Vol. 166. – No. 6. – P. 681–692.
- Scotese C.R. Jurassic and Cretaceous plate tectonic reconstructions // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. – 1991. – No. 87. – P. 493–501.
- Zakharov Y.D., Popov A.M., Shigeta Y., Smyshlyaeva O.P., Sokolova E.A., Nagenndra R., Velivetskaya T.G., Afanasyeva T.B. New Maastrichtian oxygen and carbon isotope record: Additional evidence for warm low latitudes // *Geosciences Journal*. – 2006. – Vol. 10. – No. 3. – P. 339–359.

MIGRATION OF CLIMATIC ZONES OF THE ATLANTIC OCEAN AND ADJACENT REGIONS IN THE MIDDLE AND LATE TURONIAN BASED ON PLANKTIC FORAMINIFERA

E.A. Sokolova

*Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences,
36 Nahimovskiy prospekt, Moscow, 117997, Russia, e-mail: sokolova@ocean.ru
Submitted 15.02.2018, accepted 26.04.2018*

According to the distribution of planktic foraminifera shells (own data), the climatic zones corresponding to different types of water masses in the Atlantic and southern parts of the Indian Ocean were reconstructed in the Turonian cores of deep-sea drilling. In addition, samples from Australia offshore seas and literature data on epicontinental basins of the Northern Hemisphere were used. Based on the spatial distribution of types of tanatocenoses, maps of climatic zonality for the early and middle Turonian have been reconstructed. A comparison of the reconstructions showed the dimensions of the climatic zones and the outline of their boundaries during the time interval. The middle Turonian was characterized by exceptionally warm and mild climatic conditions. In the late Turonian, there has been a certain tendency. This was most clearly manifested in the high latitudes of the Indian Ocean. The boundaries of all climatic zones shifted to the equator.

Keywords: Late Cretaceous, Turonian, foraminifera, paleoclimate, climatic zoning, water masses

References

- Barash M.S.* Chetvertichnaja paleookeanologija Atlanticheskogo okeana (Quaternary paleoceanology of the Atlantic). Moscow: Nauka, 1988, 272 p.
- Bice K.L., Huber B.T., and Norris R.D.* Extreme polar warmth during the Cretaceous greenhouse. *Paleoceanography*, 2003, Vol. 18, No. 2, pp. 1–11.
- Bljum N.S. and Sokolova E.A.* Klimaticheskaja zonal'nost' Tihogo okeana v miocene po dannym analiza kompleksov planktonnyh foraminifer (Climatic zonation of the Pacific Ocean in the Miocene according to the analysis of complexes of planktonic foraminifera). *Bjul. MOIP. Otd. geol.*, 1987, Vol. 62, No. 6, pp. 116–130.
- German A.B.* Pozdnemelovoj klimat Evrazii i Aljaski (Late Cretaceous climate of Eurasia and Alaska). Moscow: Nauka, 2004, 157 p.
- Hart M.B.* Climatic modeling in the Cretaceous using the distribution of planktonic Foraminifer. *Climates: Geological Society Special Publications*, 2000, No. 181, pp. 33–41.
- Ion J.* Foraminifères planctoniques du crétacé supérieur de Tara Birsel (Carpates Orientales). *Etude micropaléontologique*, 1983, Vol. 31, pp. 5–167.
- Kopaevich L.F. and Sokolova E.A.* Sravnenie kompleksov santonskih planktonnyh foraminifer iz skvazhin Atlanticheskogo okeana i nekotoryh jepikontinental'nyh bassejnov Severnogo polusharija (Comparison of the complexes of Santonian planktic foraminifera from the wells of the Atlantic Ocean and some epicontinental basins of the Northern Hemisphere). *Bjul. MOIP. Otd. geol.*, 2003, Vol. 78, No. 5, pp. 60–70.
- Os'kina N.S., Ivanova E.V., and Bljum N.S.* Klimaticheskaja zonal'nost' Atlanticheskogo, Indijskogo i Tihogo okeanov v pliocen (Climatic Zonality of the Atlantic, Indian and Pacific Oceans in the Pliocene). *Dokl. AN SSSR*, 1982, Vol. 264, No. 2, pp. 400–407.
- Peryt D.* Planktic foraminifera zonation of the Upper Cretaceous in the Middle Vistula River

- Valley, Poland. *Palaeontologica Polonica*, 1980, No. 41, pp. 3–101.
- Robaszynski F. and Caron M. Foraminiferes planctoniques du Cretace: commentaire de la zonation Europe-Mediterranee. *Bull. Soc. Geol. France*, 1995, Vol. 166, No. 6, pp. 681–692.
- Sokolova E.A. Paleookeanologicheskie rekonstrukcii Tihogo okeana dlja konca pozdnego mela (maastriht) po planktonnym foraminiferam (Paleoceanological reconstruction of the Pacific Ocean for the late Late Cretaceous (Maastricht) planktic foraminifera). Moscow, 1998, 174 p., – Dep. v VINITI 26.05.98, No. 1351–98.
- Sokolova E.A. Otrazhenie klimaticheskoi zonal'nosti kampana v Mirovom okeane po planktonnym foraminiferam (Reflection of the climatic zonation of the Campanian in the World Ocean for planktic foraminifera). *Bjul. MOIP. Otd. geol.*, 2001, Vol. 76, No. 4, pp. 57–61.
- Sokolova E.A. Klimaticheskaja zonal'nost' Atlanticheskogo i Indijskogo okeanov v pozdnem turone, konjake i santone po planktonnym foraminiferam (Climatic zonality of the Atlantic and Indian Oceans in the Late Turonian, Coniacian, and planktic foraminifers), In: Melovaja sistema Rossii i blizhajshego zarubezh'ja: problemy stratigrafii i paleogeografii (The Cretaceous System of Russia and the Near Abroad: Problems of Stratigraphy and Paleogeography). Sankt-Peterburg: NIIZK SPbGU, 2005, pp. 102–110.
- Scotese C.R. Jurassic and Cretaceous plate tectonic reconstructions. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 1991, No. 87, pp. 493–501.
- Zakharov Y.D., Popov A.M., Shigeta Y., Smyshlyaeva O.P., Sokolova E.A., Nagenndra R, Velivetskaya T.G., and Afanasyeva T.B. New Maastrichtian oxygen and carbon isotope record: Additional evidence for warm low latitudes. *Geosciences Journal*, 2006, Vol. 10, No. 3, pp. 339–359.
- Zonenshajn L.P. Savostin L.A., and Sedov A.P. Global'nye paleogeodinamicheskie rekonstrukcii dlja poslednih 160 millionov let (Global paleogeodynamic reconstructions for the last 160 million years). *Geotektonika*, 1984, No. 3, pp. 3–16.