© Саидова Х. М., Соколова Е. А., 2023, Океанологические исследования, 2023, Том 51, № 2, С. 48–69

УДК 551.461.88:551.58:563.12(261)(265) DOI: 10.29006/1564-2291.JOR-2023.51(2).4

ПАЛЕОБИОГЕОГРАФИЧЕСКИЕ РЕКОНСТРУКЦИИ ДЛЯ КОНЦА ПОЗДНЕГО КАМПАНА ПО ПЛАНКТОННЫМ ФОРАМИНИФЕРАМ В ТИХОМ ОКЕАНЕ

Х. М. Саидова, Е. А. Соколова

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

В работе рассматриваются результаты анализа таксономического состава планктонных фораминифер (ПФ) конца позднего кампана в Тихом океане. Для выделения широтно-зональных фаун ПФ производилась оценка видового сходства и различия одновозрастных комплексов ПФ из разных скважин. На основании различия видового состава фауна ПФ подразделяется на неритическую региональную и океаническую широтно-зональную: субтропическая западная, тропическая центральная и субтропическая центральная океанические фауны. Для реконструкции климатических колебаний, происходивших в конце кампанского века в Тихом океане, из образцов кернов одиннадцати скважин глубоководного бурения изучен систематический состав раковин планктонных фораминифер. Выявленные танатоценозы ПФ отнесены к двум типам (тетическому, промежуточному) и одному подтипу (теплобореальному). На основе пространственного распределения танатоценозов определено положение климатических зон для двух срезов позднего кампана. В пределах изучаемой акватории на протяжении исследуемого возрастного интервала были развиты две климатические зоны: промежуточная и тетическая. В середине позднего кампана граница между ними проходила в районе палеоэкватора. В конце позднего кампана резко похолодало. Промежуточная и тетическая зоны сузились. В северной части изучаемой акватории выявлена теплобореальная подзона, в южной – на смену тетической пришла промежуточная зона. Полученные реконструкции подтверждаются собственными и литературными данными изотопно-кислородного анализа.

Ключевые слова: поздний мел, кампан, фораминиферы, танатоценозы, палеотемпературы, смена таксономического состава, климатическая зональность, палеошироты, водные массы, величина различия видового состава планктонных фораминифер

Введение

Исследования закономерностей распределения жизни в современных океанах и характера осадконакопления показали, что в океане выделяются пояса (зоны), в которых сочетание абиотических и биотических факторов среды создает специфические условия, определяющие развитие жизни и последующей седиментации (Виноградов, Лисицын, 1981; Саидова, 2017).

Для конца позднего мела по планктонным фораминиферам реконструированы природные условия, существовавшие в различных океанических акваториях

(Захаров и др., 2004; Соколова, 1998, 2019; Bice et al., 2003; Briena et al., 2017; Falzoni et al., 2013, 2016; Hay, 2008; Huber, 2017; Jung et al., 2012; Zakharov et al., 2006, 2007) и некоторых эпиконтинентальных бассейнах (Беньямовский и др., 2014; Kopaevich, Vishnevskaya, 2016; Niebuhr et al., 2011 и многие другие). Для палеоконтинентов климатические провинции выделены по палеоботаническим данным (Герман, 2004).

Целью настоящей работы является обобщающее исследование по палеоокеанологии Тихого океана в позднекампанское время по планктонным фораминиферам. Перед авторами стояла задача провести детальное микропалеонтологическое исследование одиннадцати верхнекампанских разрезов, вскрытых скважинами глубоководного бурения в низких и средних широтах в Тихом океане. В конце кампанского века началось глобальное похолодание, называемое пограничным событием (CMBE) и зафиксированное в различных зональных шкалах (Jung et al., 2012; Niebuhr et al., 2011; Thibault et al., 2012a; Беньямовский и др., 2014; Vishnevskaya, Kopaevich, 2020 и многие другие). Микропалеонтологический анализ позволяет выявить начало этого события, что весьма актуально для изучения закономерностей распределения раковин позднемеловых фораминифер и построения палеоокеанических реконструкций для изучаемого интервала. Кроме того, сопоставление видового состава одновозрастных ПФ из разных разрезов позволяет оценить степень изолированности соответствующих акваторий.

Используя нашу, предложенную ранее, методику (Соколова, 1998) удалось выделить районы, характеризующиеся различными типами танатоценозов ПФ, и проследить миграцию их границ во временном интервале от 73 до 72.1 млн лет. Помимо этого выделены комплексы ПФ, характеризующиеся разным видовым составом, и установлены цифровые интервалы величины различия для разных широтно-зональных комплексов ПФ. Исследование было проведено для срезов середины и конца позднего кампана. Верхняя стратиграфическая граница кампанского яруса принята на отметке (72.1 млн лет) внутри отложений зоны Gansserina gansseri (Coccioni, Premoli Silva, 2015).

Материал и методика исследования

Основным материалом для настоящей работы послужили 210 образцов, собственноручно обработанных и изученных, из кернов одиннадцати скважин глубоководного бурения DSDP Sites: 167, 171, 288A, 289, 305, 313, 315A, 316, 317A, 463, 465. Образцы переданы комитетом Curatorial Advisory Board по проекту бурения: Deep Sea Drilling Project, за что автор выражает ему глубокую благодарность. В изученном материале было определено 105 видов ПФ, 38 из них являются широко распространенными (их раковины встречены в большинстве скважин). Использовались собственные (Захаров и др., 2004; Zakharov et al., 2006) и опубликованные оценки палеотемператур (Briena et al., 2017; Falzoni et al., 2016), полученные в результате изотопно-кислородного анализа. Также материалом для изучения биогеографии фаун

ПФ послужили данные по таксономическому составу в разрезах скважин «Гломер Челленджер», опубликованные в томах глубоководного бурения «Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project» и детально изученные Х. М. Саидовой. Рассматриваемые разрезы находятся в Тихом океане в акватории, ограниченной с севера 10° с. ш. и с юга 35° ю. ш. (здесь и далее имеются в виду палеошироты). На картах положение скважин определено по палеогеодинамическим реконструкциям (Зоненшайн, 1984; Scotese, 1991). Анализ имеющегося материала позволил получить сведения о распространении одновозрастных фаун ПФ, их широтно-климатической и гидродинамической приуроченности и условиях захоронения.

Для выделения широтно-зональных фаун ПФ производилась оценка видового сходства и различия одновозрастных комплексов ПФ из разных скважин. Для этого была использована выведенная Хадыжат Магомедовной Саидовой формула: $B = (a + b - c)/c$, где a и b – число видов в сравниваемых комплексах, c – число общих видов и B – величина различия видового состава этих комплексов. Если комплексы видов ПФ абсолютно одинаковы, то $B = 1$. Чем больше величина B, тем больше различий в видовом составе комплексов ПФ. Полученные данные по величине различия комплексов ПФ нанесены на карту (рисунок 1).

Смена видового состава комплексов ПФ по разным регионам дает возможность также судить об изначальной смежности или разграничении этих регионов, что важно в связи с возможным смещением литосферных плит во времени (Зоненшайн, 1984).

Фауна ПФ подразделяется Хадыжат Магомедовной Саидовой на основании различия видового состава на неритическую региональную и океаническую широтно-зональную: субтропическая западная, тропическая центральная и субтропическая центральная океанические фауны. Для определения климатической приуроченности выделенных на основании различия видового состава океанических широтно-зональных и неритических фаун ПФ были использованы обычные биологические критерии. Один из них – величина видового разнообразия. Известным и хорошо обоснованным фактом является уменьшение этой величины в высокоширотных областях и ее увеличение в тепловодном тропическом регионе. Этим критерием для определения климатической приуроченности мезо-кайнозойских ПФ пользовались многие исследователи (Саидова, 1976, 1980; Блюм, Соколова, 1987; Копаевич, Соколова, 2003; Соколова, 2021 и др.).

Помимо величины видового разнообразия для определения климатической приуроченности фаун ПФ учитывалась и морфология доминирующих раковин. Виды ПФ, доминирующие в тропиках, имеют раковину крупную, не компактную, сильно скульптированную, с развитым периферическим килем, или крупными камерами с большим устьем (Саидова, 1980; Соколова, 1998), В позднем мелу такими признаками раковин в основном отличались представители родов Globotruncana и Contusotruncana.

Широтная зональность распространения ПФ заключается в закономерных изменениях их видового состава и численности по мере перехода из высоких широт в

низкие. Она зависит от изменения температуры и солености вод, субширотной циркуляции вод, насыщенности их биогенными элементами, что благоприятно влияет на развитие ПФ. Широтные зоны океана представлены различными комплексами видов ПФ. Для каждой скважины было подсчитано соотношение раковин видов, принадлежащих к разным климатическим группам. В разрезах, характеризующихся различными показателями этих соотношений, были развиты разные типы биоценозов и в соответствующих осадках сформировались разные типы танатоценозов. По пространственному распространению типов танатоценозов были выделены климатические зоны (Соколова, 2021).

Изучаемые разрезы вскрывают отложения, образовавшиеся в течение двух временных этапов, которые в зональной схеме (Coccioni, Premoli Silva, 2015) соответствуют следующим фазам: Globotruncana aegyptiaca (средина позднего кампана) и основание фазы Gansserina gansseri (конец позднего кампана). Для каждого среза был детально изучен количественный состав раковин ПФ. Все виды в соответствии с их положением в климатическом ряду были отнесены к той или иной климатической группе. В результате ранее проведенных исследований (Соколова, 2019, 2019а, 2021) установлен следующий состав климатических групп в позднем кампане (виды ПФ приводятся в порядке уменьшения тепловодности, в соответствии с их положением в климатическом ряду).

Тропическая группа: *Pseudoguembelina costulata* (Cushman), *P. excolata* (Cushman), *Gansserina gansseri* (Bolli), *Globotruncana rosetta* (Carsey), *Globotruncana aegyptiaca* Nakkady, *Rugotruncana subcircumnadifer* Gandolfi, *Contusotruncana patelliformis* (Gandolfi), *Globotruncana ventrticosa* White, *Globotruncana mariei* Banner and Blow, *Globotruncanita atlantica* (Caron), *Contusotruncana fornicata* (Plummer).

Субтропическая группа: *Globotruncanita stuartiformis* (Dalbiez), *G. stuarti* (Lapparent), *G.* conica (White), *G.* pettersi (Gandolfi), *Globotruncana linneiana* (Orbigny), *G. arca* (Cushman), *G.* falsostuarti Sigal, *Rugoglobigerina rugosa* (Plummer), *Radotruncana subspinosa* (Pessagno), *Globotruncanella havanensis* (Voorwijk), *Globotruncanella petaloidea* (Gandolfi), *V. riograndensis* Martin.

Умеренная группа: *Globigerinelloides subcarinatus* (Bronnimann), *Globigerinelloides multispinatus* (Lalicker), *Globigerinelloides prairiehillensis* Pessagno, *Rugoglobigerina rotundata* Bronnimann, *Heterohelix punctulata* (Cushman), *Globigerinelloides bollii* Pessagno, *Heterohelix pulchra* (Brotzen), *Globigerinelloides impensus* Sliter, *Globigerinelloides asperus* (Ehrenberg), *Heterohelix striata* (Ehrenberg), *Heterohelix globulosa* (Ehrenberg), *Globigerinelloides impensus* Sliter, *Hedbergella monmouthensis* (Olsson), *Hedbergella monmouthensis* (Olsson), *Hedbergella holmdelensis* Olsson.

Для всех скважин было подсчитано соотношение раковин видов разных климатических групп. В разрезах, характеризующихся различными показателями этих соотношений, получили развитие разные типы биоценозов, и в соответствующих осадках сформировались разные типы танатоценозов. Эта работа была последовательно проделана для каждого из двух изучаемых срезов.

По соотношению количества раковин видов ПФ, относящихся к разным климатическим группам, в изученных отложениях выделены два типа и один подтип танатоценоза.

1) В *тетическом типе* танатоценоза доминируют особи тропической группы (7–12 видов). Численность их раковин колеблется от 35 до 50 % от общего количества раковин ПФ. Численность раковин субтропической группы составляет 30–40 %, а раковин видов умеренной группы – не более 10 %. В разрезах некоторых скважин эти виды представлены единичными экземплярами.

2) *Промежуточный тип* танатоценоза характеризуется многообразием видов всех климатических групп. 11–25 видов ПФ относятся к субтропической группе, среди последних встречаются виды, имеющие в позднем кампане узкое широтное распространение. Численность раковин субтропической группы составляет до 42 %. На долю раковин тропических и умеренных видов приходится в сумме около 32–35 %.

3) В *теплобореальном подтипе* танатоценоза доминируют виды умеренной группы. Численность их раковин колеблется от 40 до 50 %. Субтропических видов встречается не более десяти. Виды тропической группы представлены единичными экземплярами. Подробная характеристика меловых типов танатоценозов ПФ дана во многих работах автора (Соколова, 1998, 2018, 2019 и др.).

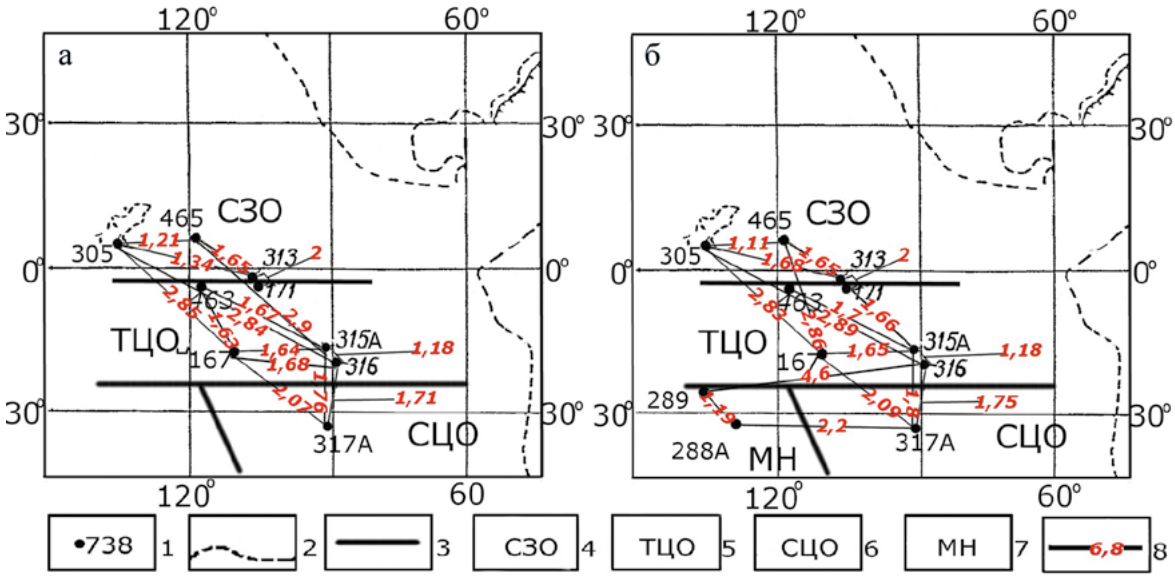

Рис. 1 – Распространение неритической региональной и океанических типов фаун в середине позднего (**а**), в конце позднего (**б**) кампана:
1 – скважины глубоководного бурения; 2 – границы континентов; 3 – границы распространения различных типов фаун; 4–7 – типы фаун: 4 – 6 – океанические: 4 – субтропическая западная, 5 – тропическая центральная, 6 – субтропическая центральная, 7 – меланезийская неритическая региональная; 8 – величина различия видового состава комплексов ПФ

По пространственному распространению типов танатоценозов были выделены климатические зоны для середины и конца позднего кампана. Каждой зоне соответствует определенный тип водных масс. Границы природных (климатических) зон проводились на равном расстоянии между точками, в которых выявлены разные типы танатоценозов (например, на рисунке 2а граница тетической и промежуточной зон проведена между скважинами DSDP Site 463 и 305, или через точку с переходным подтипом танатоценоза – DSDP Site 313). Каждой зоне соответствует определенный тип водных масс. Для одновозрастных комплексов ПФ, отобранных из разных скважин, производилась оценка видового сходства и различия ПФ. Систематический состав ПФ в изученных скважинах менялся вверх по разрезу, что связано преимущественно с изменениями климатических условий, происходящих в конце позднего кампана.

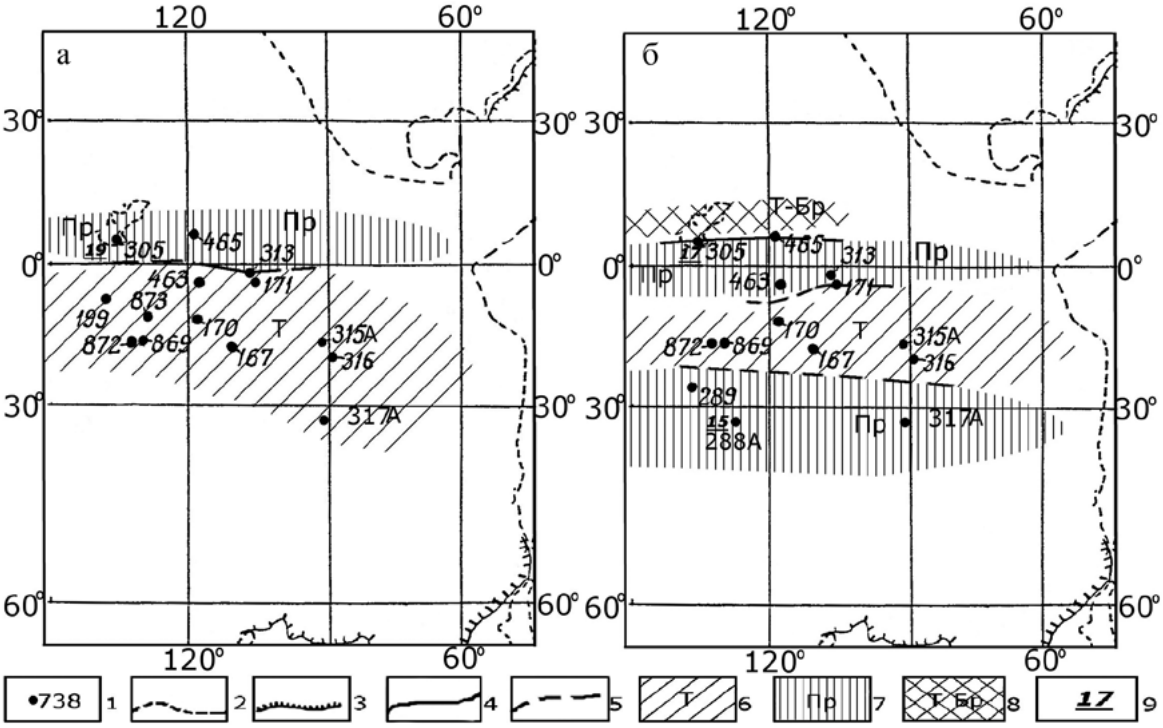

Рис. 2 – Климатическая зональность в середине позднего (**а**), конце позднего (**б**) кампана: 1 – скважины глубоководного бурения; 2 – границы континентов; 3 – границы шельфа; 4, 5 – границы климатических зон: 4 – достоверные, 5 – гипотетические; 6–8 – климатические зоны: 6 – тетическая, 7 – промежуточная, 8 – теплобореальная; 9 – палеотемпературы

Методика, предлагаемая для реконструкции климатической зональности позднемелового океана (Соколова, 1998), была неоднократно опробована и подробно описана для различных стратиграфических интервалов. (Копаевич, Соколова, 2003; Соколова, 2005, 2018, 2019, 2021). В основу легли некоторые положения, разработанные и применяемые для четвертичного и кайнозойского временных интервалов (Бараш, 1988; Блюм, Соколова, 1987; Оськина и др., 1982).

Распределение ПФ в изученных разрезах

В отложениях зоны Globotruncana aegyptiaca (средина позднего кампана) в разрезе скважины 305 выявлен достаточно разнообразный комплекс ПФ. Субтропическая группа представлена одиннадцатью видами: *Globotruncanita stuartiformis* (Dalbiez), *G. stuarti* (Lapparent), *Globotruncana linneiana* (Orbigny), *G. arca* (Cushman), *G.* falsostuarti Sigal, *Rugoglobigerina rugosa* (Plummer), *Radotruncana subspinosa* (Pessagno), *Globotruncanella havanensis* (Voorwijk), *Globotruncanella petaloidea* (Gandolfi), *V. riograndensis* Martin. Крупные раковины вида *G. stuarti* отличаются плоскими невыпуклыми септальными швами на брюшной стороне, что не характерно для данного вида. Общая численность раковин субтропической группы составляет 38 %. Виды умеренной и тропической групп тоже широко распространены. Раковины последних имеют численность 14 %, а представители умеренной группы – 18 %. Тропическая группа представлена видами: *Rugotruncana subcircumnadifer* Gandolfi, *Globotruncana ventrticosa* White, *G. mariei* Banner and Blow, *G.aegyptiaca* Nakkady, *Contusotruncana patelliformis* (Gandolfi) *C. fornicata* (Plummer), а умеренная – *Globigerinelloides subcarinatus* (Bronnimann), *G. multispinatus* (Lalicker), *G. bollii* Pessagno, *G. asperus* (Ehrenberg), *Heterohelix globulosa* (Ehrenberg), *H. punctulata* (Cushman), *Hedbergella monmouthensis* (Olsson), *H. holmdelensis* Olsson. В верхней части зоны наблюдаются всплески видового разнообразия видов умеренной группы. Изученный танатоценоз принадлежит к промежуточному типу.

Одновозрастный комплекс ПФ из скважины DSDP Site 465 отличается от вышеописанного весьма незначительно. Численность раковин субтропической группы возрастает до 40 %. Это происходит преимущественно за счет увеличения количества особей *Globotruncana linneiana* и *G. arca.* Численность раковин умеренной группы так же, как и в разрезе скважины 305, на 4 % больше, чем тропической. Тропическая группа обогащается раковинами вида *Globotruncana rosetta* (Carsey). Все они хорошей сохранности. Спиральный киль у большинства раковин развит значительно сильнее, чем пупочный, на последней камере он вообще отсутствует. Вид *Globotruncana mariei* в этом разрезе не встречен. Состав умеренной группы отличается от вышеописанного наличием видов *Globigerinelloides prairiehillensis* Pessagno, *Heterohelix pulchra* (Brotzen) и отсутствием *Globigerinelloides subcarinatus* (Bronnimann), *Globigerinelloides bollii* Pessagno. Данный танатоценоз, скорее всего, сформировался в условиях промежуточной природной зоны.

Несколько южнее скважиной DSDP Site 313 вскрыты отложения зоны Globotruncana aegyptiaca. В выявленном комплексе ПФ субтропическая группа представлена десятью видами: *Globotruncanita stuarti* (Lapparent), *Globotruncana linneiana* (Orbigny), *G. arca* (Cushman), *G.* falsostuarti Sigal, *Rugoglobigerina rugosa* (Plummer), *Radotruncana subspinosa* (Pessagno), *Globotruncanella havanensis* (Voorwijk), *G.petaloidea* (Gandolfi), *V. riograndensis* Martin. Суммарная численность их раковин составляет 32 %. Раковины видов тропической группы: *Pseudoguembelina costulata* (Cushman), *Rugotruncana subcircumnadifer* Gandolfi, *Contusotruncana patelliformis*

(Gandolfi), *C. fornicata* (Plummer), *Globotruncana ventrticosa* White, *G. aegyptiaca* Nakkady *G.mariei* Banner and Blow также составляют 32 %. На долю раковин умеренной группы: *Globigerinelloides prairiehillensis* Pessagno, *G. bollii* Pessagno *Heterohelix punctulata* (Cushman), *H. globulosa* (Ehrenberg), *Hedbergella monmouthensis* (Olsson) приходится 20 %. Выделить явно доминирующие виды в комплексе трудно. Можно только отметить, что среди представителей умеренной группы преобладают мелкие бескилевые таксоны. Танатоценоз, вероятно, сформирован в условиях более теплых, чем одновозрастные промежуточные танатоценозы скважин 305 и 465. В пользу этого предположения свидетельствует увеличение значения видов тропической группы. Однако отнести этот танатоценоз к тетическому типу не позволяет высокий показатель численности раковин видов умеренной группы. Выделенный танатоценоз характеризуется как переходный от промежуточного к тетическому.

Субтропическая западная океаническая фауна ПФ, изученная в скважинах 305, 313 и 465 и характеризующаяся описанными выше соотношениями видов, обнаружена в биогенных карбонатных отложениях зоны Globotruncana aegyptiaca. Северная граница ее распространения не установлена (рисунок 1а). Величина различия видового состава комплексов скважин 305 и 465 составляет 1.21. Величина различия комплексов скважин 305 и 313 – 1.34. Полученные данные по величине различия комплексов ПФ нанесены на карту (рисунок 1а).

В одновозрастном комплексе ПФ из скважины DSDP Site 171 встречено всего семь видов тропической группы: *Pseudoguembelina costulata* (Cushman), *Globotruncana rosetta* (Carsey), *G. aegyptiaca* Nakkady *G. mariei* Banner and Blow, *Rugotruncana subcircumnadifer* Gandolfi, *Contusotruncana patelliformis* (Gandolfi), *C. fornicata* (Plummer). Однако суммарная численность их раковин составляет 40 %. Обращают на себя внимание крупные раковины вида *Contusotruncana fornicata*. Контур большинства из них овальный и только у некоторых особей – круглый. Численность раковин субтропической группы, среди которых преобладают *Globotruncana linneiana* (Orbigny) и *G. arca* (Cushman), составляет 30 %. Виды умеренной группы: *Hedbergella monmouthensis* (Olsson), *Globigerinelloides subcarinatus* (Bronnimann) *G. prairiehillensis* Pessagno имеют численность 5 %. Описанный танатоценоз, вероятно, принадлежит к тетическому типу.

Отложения зоны Globotruncana aegyptiaca, вскрытые скважиной DSDP Site 463, содержат комплекс ПФ весьма сходный с описанным выше. Отличия состоят в том, что численность раковин тропической группы уменьшается на 3 %; в ее состав входит вид *Globotruncana ventrticosa* White, а виды *Contusotruncana patelliformis* (Gandolfi), *Globotruncana mariei* Banner and Blow не выявлены. Количество раковин субтропического вида *G. arca* (Cushman) несколько сокращается. Он перестает доминировать в комплексе ПФ. Выделенный танатоценоз сформировался в пределах тетической зоны.

Несколько южней отложения зоны Globotruncana aegyptiaca вскрыты скважиной DSDP Site 167. Тропическая группа представлена видами: *Globotruncana aegyptiaca* Nakkady, *G. ventrticosa* White *G. mariei* Banner and Blow, *Rugotruncana subcircumnadifer* Gandolfi, *Contusotruncana patelliformis* (Gandolfi), *C. fornicata* (Plummer). Численность

их раковин составляет 39 %. Кроме того, в комплексе выявлено восемь видов субтропической группы, но суммарное количество их раковин – всего 32 %. Численность умеренных видов: *Globigerinelloides subcarinatus* (Bronnimann), *G. prairiehillensis* Pessagno, *Heterohelix globulosa* (Ehrenberg), *H. striata* (Ehrenberg) всего 6 %. Описанный танатоценоз, вероятно, тоже принадлежит к тетическому типу.

В одновозрастных комплексах ПФ из скважин DSDP Site 315A, 316 и 317A также выявлен тетический тип танатоценоза. Однако комплекс ПФ из скважины 317A имеет ряд отличий. В этом танатоценозе доминируют виды тропической группы: *Globotruncana rosetta* (Carsey), *G. aegyptiaca* Nakkady, *G. ventrticosa* White *G mariei* Banner and Blow, *Contusotruncana patelliformis* (Gandolfi) и субтропической: *Globotruncana linneiana* (Orbigny), *G. arca* (Cushman), *G.* falsostuarti Sigal, *Rugoglobigerina rugosa* (Plummer), *Radotruncana subspinosa* (Pessagno), *Globotruncanella havanensis* (Voorwijk). Раковины тропических видов составляют по численности 38 %, субтропические уступают им всего на 2 %. Возрастает значение видов умеренной группы. Их количество увеличивается до шести: *Globigerinelloides subcarinatus* (Bronnimann) *G. multispinatus* (Lalicker), *G. prairiehillensis* Pessagno, *Globigerinelloides bollii* Pessagno, *Heterohelix punctulata* (Cushman), что составляет 9 % (в скважинах 315A и 316 умеренные виды были представлены единичными раковинами). Кроме того, в комплексе ПФ из скважины 317A возрастает значение видов, имеющих узкое широтное распространение и не вошедших в климатический ряд (численность их раковин составляет 15 %). Описанный танатоценоз (скв. 317A) отвечает характеристике тетического. Однако он, вероятно, сформирован в условиях немного более прохладных, чем одновозрастные тетические танатоценозы скважин 167, 171, 463, 315A и 316.

Тропическая центральная океаническая фауна ПФ, изученная в скважинах 167, 171, 463, 315A и 316 и характеризующаяся описанными выше соотношениями видов, обнаружена в биогенных карбонатных отложениях зоны Globotruncana aegyptiaca. Встречается эта фауна в центральной части океана на широте 0–20° южной палеошироты (рисунок 1а). Величина различия комплексов из разных районов ее распространения не превышает 1.68 (рисунок 1а). Величина различия комплексов тропической центральной и субтропической западной фаун значительно больше. Например, для видового состава комплексов скважин 305 и 167 эта величина составляет 2.85; для комплексов скважин 315A и 465 – 2.90, а для скважин 313 и 171 – 2.0 (рисунок 1а).

Субтропическая центральная океаническая фауна ПФ встречена в центральной части океана южнее 20° южной палеошироты, изучена в скважине 317A, обнаружена в биогенных карбонатных отложениях зоны Globotruncana aegyptiaca. Величина различия видового состава комплексов скважин 317A и 316 составляет 1.71, а скважин 317A и 167 – 2.07 (рисунок 1а).

Выше по разрезу находится срез – основания зоны Gansserina gansseri, датирующийся (Coccioni, Premoli Silva, 2015) концом верхнего кампана. В отложениях, вскрытых скважиной DSDP Site 305, преобладают примитивные таксоны умеренной группы: *Globigerinelloides subcarinatus* (Bronnimann), *G. multispinatus* (Lalicker), *G. asperus* (Ehrenberg), *Rugoglobigerina rotundata* Bronnimann, *Globigerinelloides impensus* Sliter,

Heterohelix striata (Ehrenberg), *Heterohelix globulosa* (Ehrenberg), *H. navarroensis* Loeblich, *Hedbergella monmouthensis* (Olsson), *H. holmdelensis* Olsson. Численность раковин этих видов составляет 45 %. Кроме того, комплекс ПФ обогащен семью видами субтропической группы: *Globotruncanita stuarti* (Lapparent), *G. conica* (White), *G. pettersi* (Gandolfi), *Globotruncana. arca* (Cushman), *G. falsostuarti* Sigal, *Rugoglobigerina rugosa* (Plummer, *Globotruncanella havanensis* (Voorwijk). У некоторых раковин *G. arca* контур слегка овальный, а не круглый, как у большинства представителей этого вида. Количество раковин субтропической группы – 25 %. Главной чертой, отличающий изучаемый танатоценоз ПФ от бореального, является наличие в нем единичных раковин видов *Contusotruncana patelliformis* (Gandolfi) и *Globotruncana ventrticosa* White. Эти виды относятся к тропической группе, что допустимо в переходном теплобореальном подтипе танатоценоза, а не в бореальном.

Одновозрастный комплекс ПФ (DSDP Site 465) имеет ряд незначительных отличий от вышеописанного. Состав умеренной группы обогащается единичными раковинами видов *Heterohelix punctulata* (Cushman) и *Globigerinelloides bollii* Pessagno. В составе субтропической группы обнаружены виды *Globotruncanita stuartiformis* (Dalbiez) и *Globotruncanella petaloidea* (Gandolfi). Численность видов субтропической группы составляет 26 %. В нижней части зоны наблюдаются всплески видового разнообразия килевых таксонов: *Globotruncanita stuartiformis* (Dalbiez), *Globotruncana arca* (Cushman), *G. linneiana* (Orbigny). И главное, комплекс ПФ содержит единичные раковины видов тропической группы, что характерно для теплобореального подтипа танатоценоза.

Отложения конца верхнего кампана, вскрытые скважиной DSDP Site 313, отличаются разнообразием родовых и видовых таксонов ПФ. Субтропическая группа представлена десятью видами: *Globotruncanita stuartiformis* (Dalbiez), *G. stuarti* (Lapparent), *G. conica* (White), *G. pettersi* (Gandolfi), *Globotruncana linneiana* (Orbigny), *G. arca* (Cushman), *G. falsostuarti* Sigal, *Rugoglobigerina rugosa* (Plummer), *Globotruncanella havanensis* (Voorwijk), *G. petaloidea* (Gandolfi). У раковин последнего вида спираль состоит из двух оборотов, первый из которых очень маленький, а в последнем наблюдаются четыре крупные, быстро возрастающие камеры. Общая численность раковин субтропической группы – 40 %. Значение видов тропической и умеренной групп тоже весьма существенно. Раковины последних имеют численность 16 %, а представителей тропической группы на 3 % меньше. Умеренная группа представлена видами: *Globigerinelloides multispinatus* (Lalicker), *G. impensus* Sliter, *G. asperus* (Ehrenberg), *Rugoglobigerina rotundata* Bronnimann, *Heterohelix striata* (Ehrenberg), *H. globulosa* (Ehrenberg, *Hedbergella monmouthensis* (Olsson), *H. holmdelensis* Olsson, а тропическая – *Pseudoguembelina excolata* (Cushman), *Gansserina gansseri* (Bolli), *Globotruncana rosetta* (Carsey), *G. ventrticosa* White, *Rugotruncana subcircumnadifer* Gandolfi, *Contusotruncana patelliformis* (Gandolfi). Изученный танатоценоз принадлежит к промежуточному типу.

Субтропическая западная океаническая фауна ПФ изучена в отложениях основания зоны Gansserina gansseri, вскрытых скважинами 305, 313 и 465 (рисунок 1б).

Величина различия видового состава комплексов скважин 305 и 465 составляет 1.11, а для комплексов скважин 305 и 313 – увеличивается по сравнению с подстилающим срезом до 1.68. Полученные данные по величине различия комплексов ПФ нанесены на карту (рисунок 1б).

Комплекс ПФ, вскрытый скважиной DSDP Site 463, в отложениях конца верхнего кампана так же, как и описанный выше, принадлежит к промежуточному типу танатоценоза. Однако он, наверное, сформировался в условиях более тепловодных. В пользу этого предположения говорит то, что соотношение численности раковин видов умеренной и тропической изменяется на противоположное. Танатоценоз обогащается видами *Pseudoguembelina costulata* (Cushman) и *Contusotruncana fornicata* (Plummer), которые относятся к тропической группе, а виды умеренной группы: *Globigerinelloides multispinatus* (Lalicker), *G. asperus* (Ehrenberg) и *Heterohelix striata* (Ehrenberg) не выявлены (в вышеописанном комплексе они присутствовали). Субтропические виды распространены так же широко, как в отложениях скважины 313. Их численность составляет 38 %.

В одновозрастных отложениях (DSDP Site 171) раковины видов субтропической группы: *Globotruncanita stuarti* (Lapparent), *G. pettersi* (Gandolfi), *Globotruncana linneiana* (Orbigny), *G. arca* (Cushman), *G. falsostuarti* Sigal, *Globotruncanella havanensis* (Voorwijk) составляют 32 % от общего количества ПФ. Тропическая группа представлена видами: *Pseudoguembelina excolata* (Cushman), *Gansserina gansseri* (Bolli), *Rugotruncana subcircumnadifer*, *Globotruncana ventrticosa* White, *Contusotruncana fornicata* (Plummer), *Globotruncana aegyptiaca* Nakkady *Globotruncana mariei* Banner and Blow. Последний вид обнаружен в единичных экземплярах. Раковины тропических видов обнаружены в количестве 35 %. На долю раковин мелких бескилевых таксонов умеренной группы приходится 18 %. Отнести описанный танатоценоз к тетическому типу не позволяет высокий показатель численности умеренных видов. Его можно охарактеризовать как переходный от промежуточного к тетическому.

Несколько южней в отложениях основания зоны Gansserina gansseri, вскрытых скважиной DSDP Site 167, широко распространены виды, имеющие крупную, шиповатую, часто снабженную килями раковину с большим количеством пор и крупной апертурой. Большинство из них относятся к тропической группе. Общая численность их раковин составляет 39 %. Доминируют виды: *Globotruncana ventrticosa* White, *Pseudoguembelina excolata* (Cushman), и *Contusotruncana patelliformis* (Gandolfi). У некоторых раковин последнего вида пупочный киль развит очень слабо, на последних камерах он вообще исчезает. Количество раковин субтропической группы, среди которых преобладают *Globotruncana linneiana* (Orbigny), *G. arca* (Cushman) и *Globotruncanita stuartiformis* (Dalbiez), достигает отметки в 31 %. Виды умеренной группы представлены единичными раковинами. Описанный танатоценоз, вероятно, принадлежит к тетическому типу.

В одновозрастных комплексах ПФ из скважин DSDP Site 315A, 316 также доминируют виды тетической группы. Там возрастает значение видов *Pseudoguembelina costulata* (Cushman) *Globotruncana rosetta* (Carsey) (в комплексе ПФ скважины 171

эти виды не зарегистрированы, а в скважине 167 – представлены единичными раковинами). Общая численность тропических раковин составляет 40 %, а субтропических – 34 %. Среди последних много крупных пупочно-выпуклых раковин вида *Globotruncanita stuartiformis* (Dalbiez), в значительном количестве также встречаются раковины видов *G. conica* (White) и *Globotruncanella petaloidea* (Gandolfi). Виды умеренной группы *Hedbergella monmouthensis* (Olsson), *H. holmdelensis* Olsso обнаружены в единичных экземплярах. Выявленный танатоценоз, вероятно, принадлежит к тетическому типу.

Тропическая центральная океаническая фауна ПФ, изученная в скважинах 167, 171, 463, 315A, 316, выявлена в биогенных карбонатных отложениях основания зоны Gansserina gansseri (рисунок 1б). Величина различия комплексов из разных районов ее распространения не превышает 1.67 (рисунок 1б). Исключение составляет только комплекс скважины 463. Его величина различия с другими комплексами тропической центральной океанической фауны равна 1.70. Различие комплексов тропической центральной и субтропической западной фаун значительно больше. Например, для видового состава комплексов скважин 465 и 167 этот показатель составляет 2.86; для комплексов скважин 316 и 305 – 2.89, а для скважин 313 и 171 – 2.0 (рисунок 1б).

Комплекс ПФ из отложений основания зоны Gansserina gansseri, вскрытых скважиной DSDP Site 317A, так же, как и вышеописанный танатоценоз из подстилающих отложений зоны Globotruncana aegyptiaca, отличается разнообразием родовых и видовых таксонов. Однако доминирующее значение приобретают виды субтропической группы: *Globotruncana linneiana* (Orbigny), *G. arca* (Cushman), G. falsostuarti Sigal, *Globotruncanita stuartiformis* (Dalbiez), *G. conica* (White), *G. pettersi* (Gandolfi), *Globotruncanella petaloidea* (Gandolfi), численность их раковин возрастает до 41 %. Раковины видов тропической и умеренной групп обнаружены в равных количествах – по 18 %. Кроме того, встречаются виды, имеющие узкое широтное распространение и не вошедшие в климатический ряд. Их суммарный состав – 17 %. Описанный танатоценоз, вероятно, принадлежит к промежуточному типу и представляет собой субтропическую центральную океаническую фауну. Величина различия комплекса ПФ скважины 317A с комплексами тропической центральной фауны равна 1.75 (скв. 316), 1.80 (скв. 315A), 2.09 (скв. 167) (рисунок 1б).

В районе Меланезийской котловины одновозрастные отложения вскрываются скважиной DSDP Site 289. Выявленный комплекс ПФ не отличается разнообразием родовых и видовых таксонов. Преобладают раковины рода глоботрункана. Часть из них: *Globotruncana linneiana* (Orbigny), *G. arca* (Cushman) и *G. falsostuarti* Sigal относятся к субтропической группе, также эта группа представлена видами *Globotruncanita stuarti* (Lapparent), *Globotruncanella havanensis* (Voorwijk). Однако общая численность субтропических раковин составляет 43 %, а тропических – всего 12 %. В тропической группе тоже доминируют глоботрунканы, представленные видами *Globotruncana rosetta* (Carsey), *G. aegyptiaca* Nakkady. Раковины видов умеренной группы: *Globigerinelloides bollii* Pessagno, *Hedbergella holmdelensis* Olsson и малочисленные экземпляры *Heterohelix punctulata* (Cushman) составляют 18 %.

Изученный комплекс ПФ характеризуется чертами несколько обедненного промежуточного типа танатоценоза.

Несколько южнее отложения конца позднего кампана вскрыты скважиной DSDP Site 288A. Выявленный комплекс ПФ достаточно однообразен, но имеет ряд незначительных отличий от вышеописанного. Субтропическая группа обогащается видами *Globotruncanita stuartiformis* (Dalbiez) и *G. stuarti* (Lapparent), а вид *Globotruncanita. stuarti* (Lapparent) не выявлен. Суммарная численность раковин субтропической группы уменьшается до 40 %. Тропическая группа представлена теми же видами: *Globotruncana rosetta* (Carsey), *G. aegyptiaca* Nakkady. Однако общее количество их раковин сокращается до 11 %, а численность раковин мелких бескилевых таксонов умеренной группы возрастает до 20 %. Данный танатоценоз тоже, вероятно, принадлежит к обедненному промежуточному типу.

В скважинах 288A и 289 выявлена Меланезийская неритическая региональная фауна. Величина различия видового состава комплексов ПФ скважин 288A и 289 составляет 1.19. Различие видового состава комплексов Меланезийской неритической региональной (скв. 288A) и субтропической центральной океанической (скв. 317A) фаун увеличивается до 2.2, а комплексов Меланезийской неритической региональной (скв. 289) и тропической центральной океанической (скв. 316) фаун достигает 4.6.

Анализ изученного материала показал, что в распределении танатоценозов ПФ по разрезу наблюдаются следующие закономерности.

1. Для всего разреза позднекампанских осадков характерны крупные, сильно скульптированные тропические таксоны ПФ, относящиеся к родам *Pseudoguembelina*, *Globotruncana и Rugotruncana*. Особенно широко (до 40 %) их раковины распространены в большинстве скважин (DSDP Sites: 167, 171, 315A, 316, 317A и 463) нижней части разреза (зона Globotruncana aegyptiaca). Численность раковин субтропических видов колеблется от 28 до 35 %, а умеренных составляет не более 8 % (в разрезах скважин 315A и 316 эти виды зафиксированы в единичных экземплярах), что свидетельствует о тетическом типе танатоценоза, представленного тропической центральной океанической и субтропической центральной океанической (скв. 317A) фаунами ПФ. В верхней части зоны в скважине 317A численность умеренных видов возрастает до 10 %, в комплексе встречаются виды, имеющие узкое широтное распространение и не вошедшие в климатический ряд. Их общее количество составляет 13 %. В отложениях скважин DSDP Sites 305, 313 и 465 доминируют раковины видов субтропической группы: *Globotruncanita stuartiformis* (Dalbiez), G. *stuarti* (Lapparent), *G. pettersi* (Gandolfi), *Globotruncana linneiana* (Orbigny), *G. arca* (Cushman), *G. falsostuarti* Sigal, *Rugoglobigerina rugosa* (Plummer), *Radotruncana subspinosa* (Pessagno), *Globotruncanella havanensis* (Voorwijk), *Globotruncanella petaloidea* (Gandolfi), а раковины тропических и умеренных видов обнаружены в равных количествах (промежуточный тип танатоценоза, представленный субтропической западной океанической фауной ПФ). В верхней части зоны раковин видов умеренной группы становится несколько больше.

2. В верхней части разреза – основание зоны Gansserina gansseri – в отложениях скважин DSDP Sites 305 и 465 значение субтропических таксонов уменьшается, а

примитивные холодноводные ПФ, относящиеся к родам *Hedbergella, Globigerinelloides* и *Heterohelix*, получают широкое распространение. Кроме того, комплекс ПФ содержит единичные раковины видов тропической группы, что позволяет отнести его к теплобореальному подтипу танатоценоза. В нижней части зоны наблюдаются всплески видового разнообразия килевых таксонов: *Globotruncanita stuartiformis* (Dalbiez), *Globotruncana arca* (Cushman), *G. linneiana* (Orbigny). Отложения скважин DSDP Sites 313, 317A и 463 характеризуются обилием различных глоботрункан и крупных однокилевых глоботрунканит, большинство из которых принадлежат к субтропической группе. Раковины тропических и умеренных видов представлены в приблизительно равных количествах (промежуточный тип танатоценоза). Подобные соотношения раковин видов различных климатических групп характерны и для отложений, вскрытых скважинами DSDP Sites 288A и 289. Однако комплекс ПФ не отличается таким таксономическим разнообразием, как танатоценозы скважин 313, 317A и 463. В скважинах 288A и 289 выявлена Меланезийская неритическая региональная фауна, характеризующаяся несколько обедненным промежуточным типом танатоценоза. В отложениях, вскрытых скважиной Site 317A, численность раковин видов, имеющих узкое широтное распространение и не вошедших в климатический ряд, составляет 17 %.

Миграция границ климатических зон в пределах изученного региона

Анализ карты климатической зональности для стратиграфической зоны Globotruncana aegyptiaca (рисунок 2а) показал, что в середине позднего кампана в Тихом океане природные условия были типичными для конца мезозоя. Севернее палеоэкватора была распространена промежуточная зона. Собственные оценки палеотемператур (Захаров и др., 2004) соответствуют промежуточной зоне (19 °C DSDP Site 305). Вся изученная акватория характеризуется субтропической западной океанической фауной ПФ (СЗО) (рисунок 1а). Величина различия комплексов ПФ в пределах изученного региона не превышает 1.34. Южнее палеоэкватора господствовала тетическая зона. Ее южная граница не определена. В пределах этой зоны от 0° до 20° ю. ш. распространена Тропическая центральная океаническая фауна ПФ (ТЦО) (величина различия комплексов ПФ в ее пределах не превышает 1.68), южнее 20° ю. ш. – Субтропическая центральная океаническая фауна ПФ (СЦО). Величина различия видового состава комплексов ПФ ТЦО и СЦО колеблется от 1.71 до 2.07, а между комплексами ПФ ТЦО и СЗО она достигает 2.90 (рисунок 1а).

В конце позднего кампана (основание фазы Gansserina gansseri) (рисунок 2б) началось резкое похолодание, которое продолжилось в маастрихте. В северной части акватории (DSDP Sites 305, 465) отмечен теплобореальный подтип танатоценоза. Южнее была развита промежуточная климатическая зона. Ее южная граница сместилась до 5° ю. ш. Она протянулась через точку с переходным от промежуточного к тетическому подтипу танатоценоза (DSDP Site 171). В пределах области распространения субтропической западной океанической фауны ПФ (рисунок 1б) самая

большая величина различия комплексов ПФ (1.68) отмечена между точками с теплобореальным подтипом и промежуточным типом танатоценоза. Тетическая зона в конце позднего кампана сузилась, заняв акваторию от 5 до 20° ю. ш. Весь этот регион характеризуется тропической центральной океанической фауной ПФ. Величина различия видового состава комплексов ПФ в пределах тетической зоны не превышает 1.67. Между комплексами ПФ ТЦО и СЗО эта величина возрастает до 2.89 (рисунок 1б). Южнее 20° ю. ш. господствовала промежуточная климатическая зона. В районе Меланезийской котловины (DSDP Site 289) температура поверхностных вод не превышала в конце позднего кампана отметку 15 °C (собственные данные) (Zakharov et al., 2006, 2007). В пределах промежуточной зоны распространены Субтропическая центральная океаническая (СЦО) и Меланезийская неритическая региональная (Мн) фауны ПФ. Величина различия видового состава комплексов ПФ внутри области Меланезийской неритической региональной фауны составляет 1.19, между комплексами ПФ СЦО и Мн увеличивается до 2.2, а между ТЦО и Мн достигает 4.6.

Похолодание в позднем кампане зафиксировано не только в Тихом океане. В Северной Америке и на южной Аляске температура поверхностных вод не поднималась выше 15 °C (собственные данные) (Zakharov et al., 2006, 2007). Позднекампанское похолодание выявлено в Атлантическом океане (Соколова, 2019, 2021; Falzoni et al., 2013), на возвышенности Шатского (Jung et al., 2012), в Крымско-Кавказском регионе и эпиконтинентальных бассейнах (Kopaevich, Vishnevskaya, 2016; Vishnevskaya, Kopaevich, 2020) и другими исследователями (Беньямовский и др., 2014; Niebuhr et al., 2011).

Позднекампанское похолодание, согласно предшествующим данным (Соколова, 1998), продолжилось и усилилось в маастрихте. Оно зафиксировано рядом исследователей для разных регионов (Ахметьев, 2016; Габдуллин и др., 2021; Jung et al., 2012).

В результате проведенного микропалеонтологического исследования авторам удалось проследить климатические колебания, происходившие в Тихом океане в течение позднего кампана.

Выводы

1. В середине и конце позднего кампана природные условия в Тихом океане были типичными для конца мезозоя. Климат, согласно реконструкциям по ПФ и палеотемпературным оценкам, был относительно мягким и однородным. Он представлял собой пример климата так называемой теплой биосферы (Чумаков и др., 1995). Климатические зоны были расположены асимметрично. Их границы в Северном полушарии были смещены к экватору, что позволяет предположить, что климат в Южном полушарии был теплей, чем в Северном.

2. В средине позднего кампана в пределах изученной акватории были распространены две климатические зоны: промежуточная и тетическая. Северная граница последней проходила в районе палеоэкватора.

3. В конце позднего кампана ярко проявилась тенденция к похолоданию. Севернее 8° с. ш. наметилась теплобореальная подзона. Промежуточная зона сузилась, заняв акваторию от 8° с. ш. до 5° ю. ш. Тетическая зона была ограничена пространственным интервалом от 5° до 20° ю. ш. Южнее была развита промежуточная климатическая зона. Согласно нашим данным (Соколова, 1998), позднекампанское похолодание усилилось в маастрихте. Оно называется кампан–маастрихтским пограничным событием (Campanian-Maastricht border event «CMBE») и зафиксировано в различных зональных шкалах (Jung et al., 2012; Niebuhr et al., 2011; Thibault et al., 2012a; Беньямовский и др., 2014).

4. На основании различия видового состава, фауна ПФ подразделяется на неритическую региональную и океаническую широтно-зональную: субтропическую западную, тропическую центральную и субтропическую центральную океанические фауны. В пределах области распространения каждого из перечисленных типов фауны величина различия комплексов ПФ из разных скважин не превышает 1.70. Самая маленькая величина различия (1.11) отмечена в конце позднего кампана в области распространения субтропической западной фауны. Между комплексами ПФ, сформировавшимися в областях распространения разных океанических типов фауны, эта величина колеблется от 1.71 до 2.90. Самая большая величина различия (до 4.6) наблюдается между комплексами ПФ, сформировавшимися в областях распространения Меланезийской неритической региональной и океанических фаун.

Благодарности. Работа выполнена в рамках государственного задания (тема № 0128-2021-0005).

Список литературы

1. *Ахметьев М. А.* Стратиграфия и флора сенона и дания юга российского Дальнего Востока. В кн.: Палеонтология, стратиграфия, астробиология. К 80-летию А. Ю. Розанова / Отв. ред. С. В. Рожнов. М.: Палеонтологический институт им. А. А. Борисяка РАН, 2016. С. 63–92.
2. *Бараш М. С.* Четвертичная палеоокеанология Атлантического океана. М.: Наука, 1988. 272 с.
3. *Беньямовский В. Н., Алексеев А. С., Подгаецкий А. В., Овечкина М. Н., Вишневская В. С., Копаевич Л. Ф., Пронин В. Г.* Верхний кампан – нижний маастрихт севера Ростовской области. Статья 2. Условия осадконакопления и палеогеография // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2014. Т. 22. № 5. С. 77–96.
4. *Блюм Н. С., Соколова Е. А.* Климатическая зональность Тихого океана в миоцене по данным анализа комплексов планктонных фораминифер // Бюлл. МОИП. Отд. геол. 1987. Т. 62. Вып. 6. С. 116–130.
5. *Виноградов М. Е., Лисицын А. П.* Глобальные закономерности распределения жизни в океане и их отражение в составе донных осадков // Известия АН СССР. 1981. Серия 3. С. 5–25.
6. *Габдуллин Р. Р., Пузик А. Ю., Меренкова С. И., Мигранов И. Р., Бадулина Н. В., Иванов А. В., Казуров М. Д.* Литолого-геохимическая характеристика и палеоклиматические условия

формирования верхнемеловых отложений эпиконтинентального бассейна Русской Плиты в районе Ульяновско-Саратовского прогиба // Вестник московского университета. 2021. Серия 4. Геология. № 2. С. 20–33.
7. *Герман А. Б.* Позднемеловой климат Евразии и Аляски. М.: Наука, 2004. 157 с.
8. *Захаров Ю. Д., Соколова Е. А., Смышляева О. П., Шигэта Я., Танабэ К., Маэда Х., Веливецкая Т. Г., Попов А. М., Игнатьев А. В., Афанасьева Т. Б.* Новые данные по изотопам кислорода и углерода органогенных карбонатов и проблема парадоксально низких изотопных палеотемператур тропиков в маастрихте // Тихоокеанская геология. 2004. Т. 23. № 4. С. 54–72.
9. *Зоненшайн Л. П., Савостин Л. А., Седов А. П.* Глобальные палеогеодинамические реконструкции для последних 160 лет // Геотектоника. 1984. № 3. С. 3–16.
10. *Копаевич Л. Ф., Соколова Е. А.* Сравнение комплексов сантонских планктонных фораминифер из скважин Атлантического океана и некоторых эпиконтинентальных бассейнов Северного полушария // Бюлл. МОИП. Отд. геол. 2003. Т. 78. Вып. 5. С. 60–70.
11. *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.
12. *Саидова Х. М.* Бентосные фораминиферы Мирового океана (зональность и количественное распределение). М.: Наука, 1976. 155 с.
13. *Саидова Х. М.* Палеогеографические реконструкции мезозоя Тихого океана по фораминиферам // Тез. докл. IV Всесоюзной школы морской геологии. М., 1980. Т. 1. С. 65–66.
14. *Соколова Е. А.* Палеоокеанологические реконструкции Тихого океана для конца позднего мела (маастрихт) по планктонным фораминиферам. М., 1998. 174 с. Деп. в ВИНИТИ. 26.05.98. № 1351–98.
15. *Соколова Е. А.* Климатическая зональность Атлантического и Индийского океанов в позднем туроне, коньяке и сантое 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.
16. *Соколова Е. А.* Миграция климатических зон в Атлантическом океане и прилегающих регионах в среднем и позднем туроне по планктонным фораминиферам // Океанологические исследования. 2018. Т. 46. № 1. С. 102–114. https://doi.org/10.29006/1564-2291.JOR-2018.46(1).8.
17. *Соколова Е. А.* Климатическая зональность Южного полушария в кампанское время по данным изучения планктонных фораминифер // Океанологические исследования. 2019. Т. 47. № 4. С. 128–142. https://doi.org/10.29006/1564-2291.JOR-2019.47(4).8.
18. *Соколова Е. А.* Климатические колебания в средних широтах северного полушария по данным изучения кампанских планктонных фораминифер // Океанологические исследования. 2021. Т. 49. № 2. С. 80–99. https://doi.org/10.29006/1564-2291.JOR-2021.49(2).8.
19. *Чумаков Н. М., Жарков М. А., Герман А. Б., Долуденко М. П.* Климатические пояса в середине мелового периода // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 1995. Т. 3. № 3. С. 42–63.
20. *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.
21. *Briena C. L., Robinsona S. A., Pancostbc R. D., Damstéde J. S., Schoutende S., Luntcf D. J., Alsenzg H., Bornemannhi A., Bottinij C., Brassellk S. C., Farnsworthcf A., Forsterd A., Huber B. T., Inglisbc G. N., Jenkynsa H. C., Linnertm C., Littlerm K., Markwickn P., Wrobeln N. E.* Cretaceous sea-surface temperature evolution: Constraints from TEX86 and planktonic foraminiferal oxygen isotopes // Earth-Science Reviews. 2017. Vol. 172. P. 224–247.

22. *Coccioni R., Premoli Silva I.* Revised Upper Albian–Maastrichtian planktonic foraminiferal biostratigraphy and magnetostratigraphy of the classical Tethyan Gubbio section (Italy) // Newsletters on Stratigraphy. 2015. Vol. 48. No. 1. P. 47–90.
23. *Falzoni F., Petrizzo M. R., MacLeod K. G., Huber B. T.* Santonian-Campanian planktonic foraminifera from Tanzania, Shatsky Rise and Exmouth Plateau: species depth ecology and paleoceanographic inferences // Marine Micropaleontology. 2013. No. 103. P. 15–29.
24. *Falzoni F., Petrizzo M. R., Clarke L. J., MacLeod K. G., Jenkyns H. C.* Long-term Late Cretaceous oxygen- and carbon-isotope trends and planktonic foraminiferal turnover: A new record from the southern midlatitudes // GSA Bulletin. 2016. Vol. 128. P. 1725–1735.
25. *Hay W.* Evolving ideas about the Cretaceous climate and ocean circulation // Cretaceous Research. 2008. Vol. 29. P. 725–753.
26. *Huber B. T., Petrizzo M. R., Watkins D. K., Haynes S. J., MacLeod K. G.* Correlation of Turonian continental margin and deep-sea sequences in the subtropical Indian Ocean sediments by integrated planktonic foraminiferal and calcareous nannofossil biostratigraphy // Newsletters on Stratigraphy. 2017. Vol. 50. No. 2. P. 141–185.
27. *Jung C., Voigt S., Friedrich O.* High-resolution carbon-isotope stratigraphy across the Campanian–Maastrichtian boundaty at Shatsky Rise (tropical Pacific) // Cretaceous Research. 2012. Vol. 37. P. 177–185.
28. *Kopaevich L., Vishnevskaya V.* Cenomanian–Campanian (Late Cretaceous) planktonic assemblages of the Crimea–Caucasus area: Palaeoceanography, palaeoclimate and sea level changes // Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. 2016. No. 441. P. 493–515.
29. *Niebuhr B., Hampton M. J., Gallagher L. T., Remin Z.* Integrated stratigraphy of the Kronsmoor section (northern Germany), a reference point for the base of the Maastrichtian in the Boreal Realm // Acta Geol. Polonica. 2011. Vol. 61. No. 2. P. 193–214.
30. *Scotese C. R.* Jurassic and Cretaceous plate tectonic reconstructions // Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. Amsterdam. 1991. No. 87. P. 493–501.
31. *Thibault N., Harlou R., Schovsbo N. et al.* Upper Campanian–Maastrichtian nannofossil biostratigraphy and high resolution carbon isotope stratigraphy of the Danish Basin: Towards a standard δ13C curve for the Boreal Realm // Cretaceous Res. 2012. Vol. 33. P. 72–90.
32. *Vishnevskaya V. S., Kopaevich L. F.* Microfossil assemblages as key to reconstruct sea-level fluctuations, cooling episodes and palaeogeography: The Albian to Maastrichtian of Boreal and Peri-Tethyan Russia. In: *Wagreich M., Hart M. B., Sames B. & YIlmaz I. O.* (eds) Cretaceous Climate Events and Short-Term Sea-Level Changes // Geological Society of London. Special Publications. 2020. Vol. 498. P. 165–187.
33. *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 Iatitudes // Geosciences Journal. 2006. Vol. 10. No. 3. P. 339–359.
34. *Zakharov Y. D., Shigeta Y., Tanabe K., Iva Y., Smyshlyaeva O. P., Sokolova E. A., Popov A. M., Velivetskaya T. G., Afanasyeva T. B.* Campanian Climatic Change: Isotopic Evidence from Far East, North America, North Atlantic and Western Europe // Acta Geologica Sinica. 2007. Vol. 81. No. 6. P. 1049–1069.

Статья поступила в редакцию 30.03.2023, одобрена к печати 01.06.2023.
Для цитирования: *Саидова Х. М., Соколова Е. А.* Палеобиогеографические реконструкции для конца позднего кампана по планктонным фораминиферам в Тихом океане // Океанологические исследования. 2023. № 51 (2). С. 48–69. https://doi.org/10.29006/1564-2291.JOR-2023.51(2).4.

PALEOBIOGEOGRAPHICAL RECONSTRUCTIONS FOR THE END OF THE LATE CAMPANIANS BY PLANKTONIC FORAMINIFERA IN THE PACIFIC OCEAN

Kh. M. Saidova, E. A. Sokolova

Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences,
36, Nakhimovskiy prospekt, Moscow, 117997, Russia,
e-mail: sokolova@ocean.ru

The paper considers the results of the analysis of the taxonomic composition of planktonic foraminifera (PF) from the end of the Late Campanian in the Pacific Ocean. To identify the latitudinal-zonal faunas of the PF, an assessment was made of the species similarity and differences of the PF complexes of the same age from different wells. Based on the difference in species composition, the fauna of the PF is divided into non-arctic regional and oceanic latitudinal-zonal: subtropical western, tropical central and subtropical central oceanic faunas. To reconstruct the climatic fluctuations that occurred at the end of the Campanian century in the Pacific Ocean, the systematic composition of the shells of planktonic foraminifera was studied from the core samples of eleven deep-sea drilling wells.The identified PF thanatocenoses were assigned to two types (Tethyan, intermediate) and one subtype (thermal-boreal). Based on the spatial distribution of thanatocenoses, the position of climatic zones for two sections of the late Campanian was determined.

Within the studied water area, two climatic zones were developed during the studied age interval: intermediate and Tethyan. In the middle of the Late Campanian, the boundary between them passed in the paleoequator region. At the end of the late Campanian, it became sharply colder. The intermediate and Tethyan zones narrowed. In the northern part of the studied water area, a warm-boreal subzone was revealed, in the southern part, the Tethyan subzone was replaced by an intermediate zone. The obtained reconstructions are confirmed by our own and published data of oxygen isotope analysis.

Keywords: Late Cretaceous, Campanian, foraminifera, thanatocenoses, paleotemperature, paleoclimate, climatic zonality, paleolatitudes, water masses, the magnitude of the difference in the species composition of foraminifera

Acknowledgement: The work was carried out within the framework of a state assignment (topic No. 0128-2021-0005).

References

1. Ahmet'ev, M. A., 2016: Stratigrafija i flora senona i danija juga rossijskogo Dal'nego Vostoka (Stratigraphy and flora of Senonian and Danish southern Russian Far East). In: *Paleontology, stratigraphy, astrobiology. K 80-letiju A. Ju. Rozanova*, Otv. red. S. V. Rozhnov, Moscow, Paleontologicheskij institut im. A. A. Borisjaka RAN, 63–92.
2. Barash, M. S., 1988: *Chetvertichnaja paleookeanologija Atlanticheskogo okeana (Quaternary paleoceanology of the Atlantic).* Moscow, Nauka, 272 p.
3. Ben'jamovskij, V. N., A. S. Alekseev, A. V. Podgaeckij, M. N. Ovechkina, V. S. Vishnevskaja, L. F. Kopaevich, and V. G. Pronin, 2014: Verhnij kampan – nizhnij maastriht severa Rostovskoj oblasti. Stat'ja 2. Uslovija osadkonakoplenija i paleogeografija (Upper Campanian-lower

Maastrichtian sections of northern Rostov oblast: Article 2. Depositional environments and paleogeography). *Stratigrafija, Geologicheskaja korreljacija*, **22** (5), 77–96.

4. Bice, K. L., B. T. Huber, and R. D. Norris, 2003: Extreme polar warmth during the Cretaceous greenhouse. *Paleoceanography*, **18** (2), 1–11.
5. Bljum, N. S. and E. A. Sokolova, 1987: Klimaticheskaja zonal'nost' Tihogo okeana v miocene po dannym analiza kompleksov planktonnyh foraminifer (Climatic zoning of the Pacific Ocean in the Miocene according to the analysis of complexes of planktonic foraminifera). *Bul. MOIP. Otd. geol*., **62** (6), 116–130.
6. Briena, C. L., S. A. Robinsona, R. D. Pancostbc, J. S. Damstéde, S. Schoutende, D. J. Luntcf, H. Alsenzg, A. Bornemannhi, C. Bottinij, S. C. Brassellk, A. Farnsworthcf, A. Forsterd, B. T. Huber, G. N. Inglisbc, H. C. Jenkynsa, C. Linnertm, K. Littlerm, P. Markwickn, and N. E. Wrobeln, 2017: Cretaceous sea-surface temperature evolution: Constraints from TEX86 and planktonic foraminiferal oxygen isotopes. *Earth-Science Reviews*, **172**, 224–247.
7. Coccioni, R. and I. Premoli Silva, 2015: Revised Upper Albian–Maastrichtian planktonic foraminiferal biostratigraphy and magnetostratigraphy of the classical Tethyan Gubbio section (Italy). *Newsletters on Stratigraphy*, **48** (1), 47–90.
8. Chumakov, N. M., M. A. Zharkov, A. B. German, and M. P. Doludenko, 1995: Klimaticheskie poyasa v seredine melovogo perioda (Climatic belts in the middle of the Cretaceous period). *Stratigrafija, Geologicheskaja korreljacija*, **3** (3), 42–63.
9. Falzoni, F., M. R. Petrizzo, K. G. MacLeod, and B. T. Huber, 2013: Santonian-Campanian planktonic foraminifera from Tanzania, Shatsky Rise and Exmouth Plateau: species depth ecology and paleoceanographic inferences. *Marine Micropaleontology*, **103**, 15–29.
10. Falzoni, F., M. R. Petrizzo, L. J. Clarke, K. G. MacLeod, and H. C. Jenkyns, 2016: Longterm: Late Cretaceous oxygen- and carbon-isotope trends and planktonic foraminiferal turnover: A new record from the southern midlatitudes. *GSA Bulletin,* **128**, 1725–1735.
11. Gabdullin, R. R., A. Ju. Puzik, S. I. Merenkova, I. R. Migranov, N. V. Badulina, A. V. Ivanov, and M. D. Kazurov, 2021: Litologo-geohimicheskaja harakteristika i paleoklimaticheskie uslovija formirovanija verhnemelovyh otlozhenij jepikontinental'nogo bassejna russkoj plity v rajone ul'janovsko-saratovskogo progiba (Lithological and geochemical characteristics and paleoclimatic conditions of the formation of the Upper Cretaceous deposits of the epicontinental basin of the Russian plate in the region of the Ulyanovsk-Saratov trough). *Vestnik moskovskogo universiteta*, Serija 4, Geol., **2**, 20–33.
12. German, A. B., 2004: *Pozdnemelovoj klimat Evrazii i Aljaski (Late Cretaceous climate of Eurasia and Alaska).* Moscow, Nauka, 157 p.
13. Hay, W., 2008: Evolving ideas about the Cretaceous climate and ocean circulation. *Cretaceous Research,* **29**, 725–753.
14. Huber, B. T., M. R. Petrizzo, D. K. Watkins, S. J. Haynes, and K. G. MacLeod, 2017: Correlation of Turonian continental margin and deep-sea sequences in the subtropical Indian Ocean sediments by integrated planktonic foraminiferal and calcareous nannofossil biostratigraphy. *Newsletters on Stratigraphy*, **50** (2), 141–185.
15. Jung, C., S. Voigt, and O. Friedrich, 2012: High-resolution carbon-isotope stratigraphy across the Campanian–Maastrichtian boundaty at Shatsky Rise (tropical Pacific). *Cretaceous Research*, **37**, 177–185.
16. Kopaevich, L. and V. Vishnevskaya, 2016: Cenomanian–Campanian (Late Cretaceous) planktonic assemblages of the Crimea–Caucasus area: Palaeoceanography, palaeoclimate and sea level changes. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **441**, 493–515.
17. Kopaevich, L. F. and E. A. Sokolova, 2003: Sravnenie kompleksov santonskih planktonnyh foraminifer iz skvazhin Atlanticheskogo okeana i nekotoryh jepikontinental'nyh bassejnov

Severnogo polusharija (Comparison of the complexes of Santonian plankton foraminifera from the wells of the Atlantic Ocean and some epicontinental basins of the Northern Hemisphere). *Bjul. MOIP. Otd. geol.*, **78** (5), 60–70.

18. Niebuhr, B., M. J. Hampton, L. T. Gallagher, and Z. Remin, 2011: Integrated stratigraphy of the Kronsmoor section (northern Germany), a reference point for the base of the Maastrichtian in the Boreal Realm. *Acta Geol. Polonica*, **61** (2), 193–214.
19. Os'kina, N. S., E. V. Ivanova, and N. S. Bljum, 1982: 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*, **264** (2), 400–407.
20. Saidova, Kh. M., 1976: *Bentosnye foraminifery Mirovogo okeana (zonal'nost' i kolichestvennoe raspredelenie) (Benthic foraminifera of the World Ocean (zonality and quantitative distribution).* Moscow, Nauka, 155 p.
21. Saidova, Kh. M., 1980: *Paleogeograficheskie rekonstruktsii mezozoya Tikhogo okeana po foraminiferam (Paleogeographic reconstructions of the Mesozoic of the Pacific Ocean by foraminifera).* Chetvertaya Vsesoyuznaya shkola morskoi geologii (IV All-Union School of Marine Geology). Moscow, **1**, 65–66.
22. Scotese, C. R., 1991: Jurassic and Cretaceous plate tectonic reconstructions. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, Amsterdam, **87**, 493–501.
23. Sokolova, E. A., 1982: *Paleookeanologicheskie rekonstrukcii Tihogo okeana dlja konca pozdnego mela (maastriht) po planktonnym foraminiferam (Paleoceanological reconstruction of the Pacific Ocean for the late Late Cretaceous (Maastricht) in planktonic foraminifera).* Moscow, **98** (1351), 174 p. Dep. v VINITI 26.05.1998.
24. Sokolova, E. A., 2005: Klimaticheskaja zonal'nost' Atlanticheskogo i Indijskogo okeanov v pozdnem turone, ko'jake i santoe po planktonnym foraminiferam (Climatic Zonality of the Atlantic and Indian Oceans in the Late Turon, Cognac, and Sent for Planktonic 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).* Saint-Peterburg, NIIZK SPbGU, 102–110.
25. Sokolova, E. A., 2018: Migracija klimaticheskih zon v Atlanticheskom okeane i prilegajushhih regionah v srednem i pozdnem turone po planktonnym foraminiferam (Migration of climatic zones at the Atlantic Ocean and adjoining regions in the middle and late Turonian for planktonic foraminifera). *Journal of Oceanological Research*, **46** (1), 102–114, https://doi.org/10.29006/1564-2291.JOR-2018.46(1).8.
26. Sokolova, E. A., 2019: Klimaticheskaja zonal'nost' Juzhnogo polusharija v kampanskoe vremja po dannym izuchenija planktonnyh foraminifer (Climatic zoning of the Southern Hemisphere in the Campanian time according to the study of planktonic foraminifers). *Journal of Oceanological Research*, **47** (4), 128–142, https://doi.org/10.29006/1564-2291.JOR-2019.47(4).8.
27. Sokolova, E. A., 2021: Klimaticheskie kolebanija v srednih shirotah severnogo polusharija po dannym izuchenija kampanskih planktonnyh foraminifer (Climatic fluctuations in the middle latitudes of the northern hemisphere according to the study of Campanian planktonic foraminifers). *Journal of Oceanological Research*, **49** (2), 80–99, https://doi.org/10.29006/1564-2291.JOR-2021.49(2).8.
28. Thibault, N., R. Harlou, and N. Schovsbo, et al., 2012: Upper Campanian–Maastrichtian nannofossil biostratigraphy and high resolution carbon isotope stratigraphy of the Danish Basin: Towards a standard δ13C curve for the Boreal Realm. *Cretaceous Res.*, **33**, 72–90.
29. Vinogradov, M. E. and A. P. Lisitsyn, 1981: Global'nye zakonomernosti raspredeleniya zhizni v okeane i ikh otrazhenie v sostave donnykh osadkov (Global patterns of the distribution of life

in the ocean and their reflection in the composition of bottom sediments). *Izvestiya AN SSSR,* Seriya **3**, 5–25.

30. Vishnevskaya, V. S. and L. F. Kopaevich, 2020: Microfossil assemblages as key to reconstruct sea-levelfluctuations, cooling episodes and palaeogeography: The Albian to Maastrichtian of Boreal and Peri-Tethyan Russia. In: Wagreich M., Hart M. B., Sames B. & YIlmaz I. O. (eds) Cretaceous Climate Events and Short-Term Sea-Level Changes. *Geological Society of London*, Special Publications, **498**, 165–187.
31. Zaharov, Ju. D., E. A. Sokolova, O. P. Smyshljaeva, Ja. Shigjeta, K. Tanabje, H. Majeda, T. G. Veliveckaja, A. M. Popov, A. V. Ignat'ev, and T. B. Afanas'eva, 2004: Novye dannye po izotopam kisloroda i ugleroda organogennyh karbonatov i problema paradoksal'no nizkih izotopnyh paleotemperatur tropikov v maastrihte. *Tihookeanskaja geologija,* **23** (4), 54–72.
32. Zakharov, Y. D., A. M. Popov, Y. Shigeta, O. P. Smyshlyaeva, E. A. Sokolova, R. Nagenndra, T. G. Velivetskaya, and T. B. Afanasyeva, 2006: New Maastrichtian oxygen and carbon isotope record: Additional evidence for warm low Iatitudes. *Geosciences Journal*, **10** (3), 339–359.
33. Zakharov, Y. D., Y. Shigeta, K. Tanabe, Y. Iva, O. P. Smyshlyaeva, E. A. Sokolova, A. M. Popov, T. G. Velivetskaya, and T. B. Afanasyeva, 2007: Campanian Climatic Change: Isotopic Evidence from Far East, North America, North Atlantic and Western Europe. *Acta Geologica Sinica*, **81** (6), 1049–1069.
34. Zonenshajn, L. P., L. A. Savostin, and A. P. Sedov, 1984: Global'nye paleogeodinamicheskie rekonstrukcii dlja poslednih 160 let (Global paleogeodynamic reconstructions for the last 160 years). *Geotektonika*, **3**, 3–16.

Submitted 30.03.2023, accepted 01.06.2023.

For citation: Saidova, Kh. M. and E. A. Sokolova, 2023: Paleobiogeographical reconstructions for the end of the Late Campanians by planktonic foraminifera in the Pacific Ocean. *Journal of Oceanological Research*, **51** (2), 48–69, https://doi.org/10.29006/1564-2291.JOR-2023.51(2).4.