

КЛИМАТИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ В СРЕДНИХ ШИРОТАХ СЕВЕРНОГО ПОЛУШАРИЯ ПО ДАННЫМ ИЗУЧЕНИЯ КАМПАНСКИХ ПЛАНКТОННЫХ ФОРАМИНИФЕР

Соколова Е.А.

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

Статья поступила в редакцию 06.04.2021, одобрена к печати 24.05.2021.

Для реконструкции климатических колебаний, происходивших в средних широтах Северного полушария в Атлантическом океане в кампанском веке, из образцов кернов семи скважин глубоководного бурения изучен систематический состав раковин планктонных фораминифер. Выявленные комплексы фораминифер отнесены к двум типам (бореальному и промежуточному) и одному подтипу (тепlobореальному) танатоценозов. На основе их пространственного распределения определено положение климатических зон для срезов раннего, среднего, начала и конца позднего кампана. Разные климатические зоны характеризовались разными типами водных масс. В пределах изучаемой акватории на протяжении большей части исследуемого возрастного интервала были развиты две климатические зоны: промежуточная и бореальная. В раннем и среднем кампане граница между ними проходила в южной части рассматриваемого региона. В начале позднего кампана эта граница резко сместилась к северу. Началось кратковременное позднекампанское потепление. В конце позднего кампана резко похолодало. Промежуточный тип танатоценоза не выявлен. Даже в самой южной части акватории господствовала тепlobореальная подзона. Полученные реконструкции подтверждаются собственными и литературными данными изотопно-кислородного анализа.

Ключевые слова: поздний мел, кампан, фораминиферы, танатоценозы, палеотемпературы, палеоклимат, климатическая зональность, палеошироты, водные массы

Введение

Для временного периода конца позднего мела по планктонным фораминиферам (ПФ) реконструированы климатические условия, существовавшие в различных океанических акваториях (Захаров и др., 2004; Соколова, 1998, 2019; Vice 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 эпиконтинентальных бассейнах (Беньямовский и др., 2014; Kopaevich, Vishnevskaya, 2016; Niebuhr et al., 2011 и др.). Для палеоконтинентов климатические провинции выделены по палеоботаническим данным (Герман, 2004).

Перед автором стояла задача провести детальное микропалеонтологическое исследование семи кампанских разрезов, вскрытых скважинами глубоководного бурения в средних широтах Северного полушария в Атлантическом океане. Кампанский век интересен тем, что в его конце началось глобальное похолодание, называемое пограничным событием (СМВЕ) и зафиксированное в различных зональных шкалах (Jung et al., 2012; Niebuhr et al., 2011; Thibault et al., 2012a; Беньямовский и др., 2014; Vishnevskaya, Koraevich, 2020 и многие другие). Детальное микропалеонтологическое исследование позволяет не только выявить начало этого события, но и проследить предшествующие ему климатические колебания для сравнительно небольшой океанической акватории. Это весьма актуально для изучения закономерности распределения раковин поздне меловых фораминифер и построения палеоокеанических реконструкций для изучаемого интервала.

В соответствии с нашей методикой (Соколова, 1998), удалось выделить районы, характеризующиеся различными типами танатоценозов ПФ, и проследить миграцию их границ во временном интервале от 83.6 до 72.1 млн лет. Исследование было проведено для срезов раннего, среднего кампана, а также начала 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

Материалом для настоящей работы послужили 190 образцов, собственноручно обработанных и изученных, из кернов семи скважин глубоководного бурения DSDP Sites: 10, 382, 390A, 392A, 401, 612 и ODP Site 899B. Образцы переданы комитетом «Curatorial Advisory Board» по проекту бурения: Deep Sea Drilling Project (первые шесть скважин), и Ocean Drilling (последняя скважина), за что автор выражает глубокую благодарность комитету «Curatorial Advisory Board». Рассматриваемые разрезы находятся в средних широтах Северного полушария, в Атлантическом океане в акватории, ограниченной с севера 50° и с юга 30° с.ш. (здесь и далее имеются ввиду палеошироты). На картах положение скважин определено по палеогеодинамическим реконструкциям (Зоненшайн, 1984; Scotese, 1991). В изученном материале было определено 109 видов ПФ, 37 из них являются широко распространенными (их раковины встречены в большинстве скважин). Кроме того 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. Изучаемые разрезы вскрывают отложения, образовавшиеся в течение четырех временных этапов, которые в зональной схеме (Coccioni, Premoli Silva, 2015) соответствуют следующим фазам: *Globotruncanita elevata* (ранний кампан), *Contusotruncana plummerae* (средний кампан), *Radotruncana calcarata* (начало позднего кампана) и основание фазы *Gansserina gansseri* (конец позднего кампана). Для каждого среза был детально изучен количе-

ственный 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) установлен следующий состав климатических групп в кампане (виды ПФ приводятся в порядке уменьшения теплопроводности, в соответствии с их положением в климатическом ряду):

тропическая группа: *Pseudoguembelina costulata* (Cushman), *Gansserina gansseri* (Bolli), *Globotruncana rosetta* (Carsey), *Rugotruncana subcircumnadifer* Gandolfi, *Contusotruncana patelliformis* (Gandolfi), *Globotruncana ventricosa* White, *Globotruncana mariei* Banner and Blow, *Globotruncanita atlantica* (Caron), *Contusotruncana fornicata* (Plummer), *Radotruncana calcarata* Cushman;

субтропическая группа: *Globotruncana arca* (Cushman), *Globotruncana linneiana* (Orbigny), *Globotruncana bulloides* Vogler, *Globotruncana orientalis* El Nagggar, *Globotruncanita stuartiformis* (Dalbiez), *Rugoglobigerina rugosa* (Plummer), *Globotruncanella havanensis* (Voorwijk), *Radotruncana subspinosa* (Pessagno), *Globotruncana stephensoni* Pessagno, *Globotruncana lapparenti* Brotzen, *Ventilabrella austinana* Cushman, *Globotruncana hilli* Pessagno, *Ventilabrella browni* Martin, *Ventilabrella glabrata* Cushman, *Ventilabrella monuelensis* Martin, *Schackoina multispinata* (Cushman and Wickenden), *Globotruncanita elevata* (Brotzen), *Ventilabrella riograndensis* Martin;

умеренная группа: *Rugoglobigerina pilula* Belford, *Globigerinelloides multispinus* (Lalicker), *Globigerinelloides prairiehillensis* Pessagno, *Heterohelix punctulata* (Cushman), *Globigerinelloides bollii* Pessagno, *Heterohelix pulchra* (Brotzen), *Globigerinelloides impensus* Sliter, *Globigerinelloides asperus* (Ehrenberg), *Heterohelix striata* (Ehrenberg), *Heterohelix globulosa* (Ehrenberg), *Hedbergella monmouthensis* (Olsson), *Hedbergella holmdelensis* Olsson, *Globigerinelloides volutus* White.

Для каждой скважины было подсчитано соотношение раковин видов, принадлежащих к разным климатическим группам. В разрезах, характеризующихся разными показателями этих соотношений, были развиты разные типы биоценозов, и в соответствующих осадках сформировались разные типы танатоценозов. Эта работа была последовательно проделана для каждого изучаемого среза.

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

1) В бореальном типе танатоценоза доминируют виды умеренной группы. Численность их раковин может достигать 71%. Особенно широко распространены раковины видов *Hedbergella monmouthensis* (Olsson) и *H. holmdelensis* Olsson. Субтропических видов встречается не более семи. Теплобореальный подтип танатоценоза отличается от бореального присутствием единичных видов тропической группы.

2) Промежуточный тип танатоценоза представлен 15–25 видами субтропической группы, среди которых встречаются виды, имеющие узкое широтное распространение и не вошедшие в климатический ряд. Численность раковин субтропической группы составляет до 40%. На долю раковин тропических и умеренных видов

приходится в сумме около 32–35%, причем в большинстве комплексов умеренные виды незначительно преобладают над тропическими. Подробная характеристика меловых типов танатоценозов ПФ дана во многих работах автора (Соколова, 1998, 2018, 2019 и др.).

По пространственному распространению типов танатоценозов были выделены климатические зоны для раннего, среднего, начала 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 рис. 1в граница борейальной и промежуточной зон проведена между скважинами DSDP Sites 382 и 401), или через точку с переходным подтипом танатоценоза (ODP Site 899В на рис. 1а). Иногда область распространения переходного подтипа танатоценоза занимала достаточно большую акваторию (тепlobорейальный подтип танатоценоза, рис. 1г). Каждой зоне соответствует определенный тип водных масс. Систематический состав ПФ в изученных скважинах менялся вверх по разрезу. Изменения эти связаны преимущественно с климатическими колебаниями, происходящими в течение кампанского века.

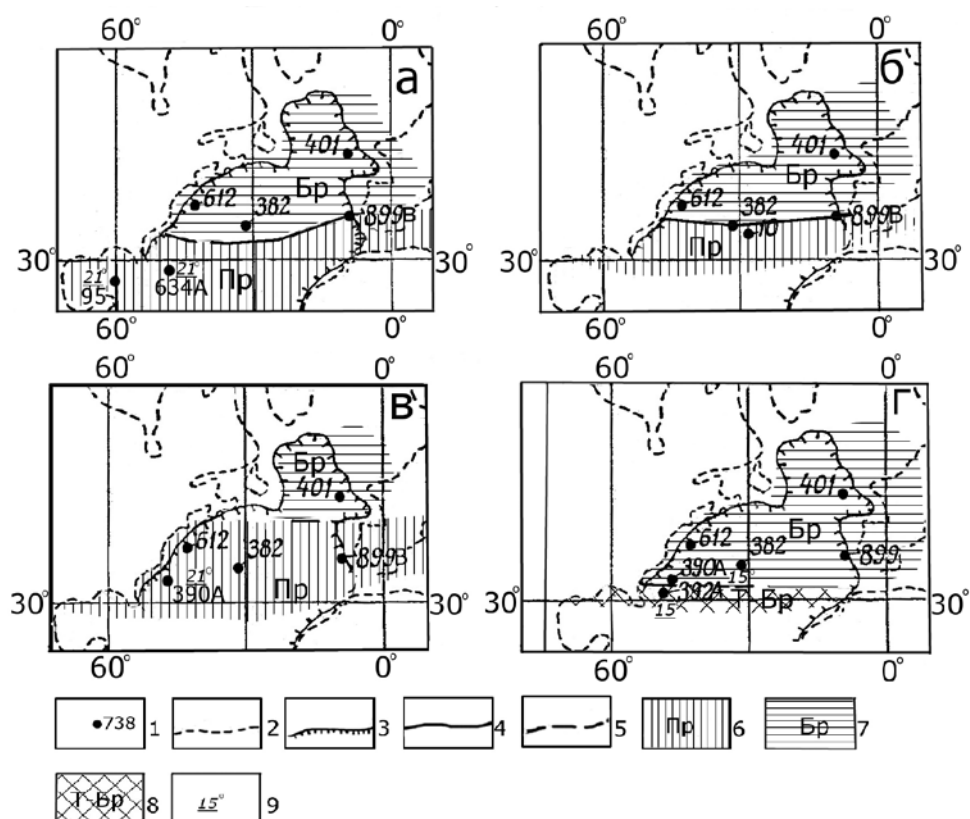


Рис. 1. Климатическая зональность в раннем (а), среднем (б), начале позднего (в), конце позднего кампана (г): 1 – скважины глубоководного бурения; 2 – границы континентов; 3 – границы шельфа; 4, 5 – границы климатических зон: 4 – достоверные, 5 – гипотетические; 6–8 – климатические зоны: 6 – промежуточная, 7 – борейальная, 8 – тепlobорейальная; 9 – палеотемпературы

Предлагаемая автором методика реконструкции климатической зональности позднемелового океана (Соколова, 1998) была неоднократно подробно описана и опробована для ряда стратиграфических интервалов. (Копаевич, Соколова, 2003; Соколова, 2005, 2018, 2019). В основу метода реконструкции климатической зональности позднемелового океана легли некоторые положения, разработанные и применяемые для кайнозойского временного интервала (Бараш, 1988; Блюм, Соколова, 1987; Оськина и др., 1982).

Распределение ПФ в изученных разрезах

В отложениях нижнекампанской зоны *Globotruncanita elevata* (скв. 401) преобладают примитивные таксоны умеренной группы, среди них доминируют пять видов: *Globigerinelloides bollii* Pessagno, *G. volutus* White, *Heterohelix punctulata* (Cushman), *H. pulchra* (Brotzen), *H. striata* (Ehrenberg) (рис. 2а). Наиболее теплолюбивый вид умеренной группы *Rugoglobigerina pilula* Belford представлен десятью экземплярами. Поверхность у них несколько необычна. Типичные для этого рода ребра отмечены только у двух раковин, а у остальных восьми вместо ребер наблюдается только некоторая шероховатость. Раковины видов умеренной группы представлены ста пятью экземплярами. Их численность составляет 70% от общей численности комплекса ПФ. Кроме того встречаются 6 видов ПФ, относящихся к субтропической группе. Они представлены восемнадцатью раковинами. Наиболее теплолюбивые виды этой группы *Globotruncana arca* (Cushman) и *G. linneiana* (Orbigny) присутствуют в количестве двух экземпляров. Общая численность раковин видов субтропической группы составляет 12%. Виды тропической группы отсутствуют. Все это свидетельствует о принадлежности данного комплекса к бореальному типу танатоценоза, развитому в бореальной климатической зоне.

Одновозрастный комплекс ПФ из кернов скважины DSDP Site 612 отличается плохой сохранностью раковин. Определить большинство особей до вида невозможно, однако бросается в глаза присутствие бескилевых таксонов рода *Rugoglobigerina* и обилие различных представителей родов *Globigerinelloides*, *Heterohelix* и *Hedbergella*. Виды, относящиеся к этим родам, входят в умеренную группу. Численность их раковин составляет 72%. Раковины видов субтропической группы составляют 14%. Они представлены единичными экземплярами вида *Globotruncanita elevata* (Brotzen) и различными глоботрунканитами, которые не всегда удается определить до вида из-за очень плохой сохранности. Можно предположить, что рассмотренный комплекс ПФ был сформирован в пределах бореальной климатической зоны.

Несколько южнее (рис. 1а) отложения зоны *Globotruncanita elevata* вскрываются скважиной DSDP Site 382. Видовой состав комплекса ПФ достаточно беден. Там преобладают бескилевые таксоны, преимущественно умеренной

группы (70% по численности) (рис. 2б). Это *Hedbergella monmouthensis* (Olsson), *H. holmdelensis* Olsson и *Rugoglobigerina pilula* Belford. Количество раковин *Heterohelix* и *Globigerinelloides* уменьшается. Среди видов субтропической группы на первое место выходит вид *Rugoglobigerina rugosa* (Plummer). Поверхность большинства раковин лишена характерных для этого вида шипов, зато радиально расположенные ребрышки видны очень хорошо, особенно с брюшной стороны раковин. Глоботрунканы, относящиеся к субтропической группе, имеют подчиненное значение. Виды тропической группы не выявлены. Такой тип танатоценоза, вероятно, сформировался в условиях бореальной зоны (рис. 2б).

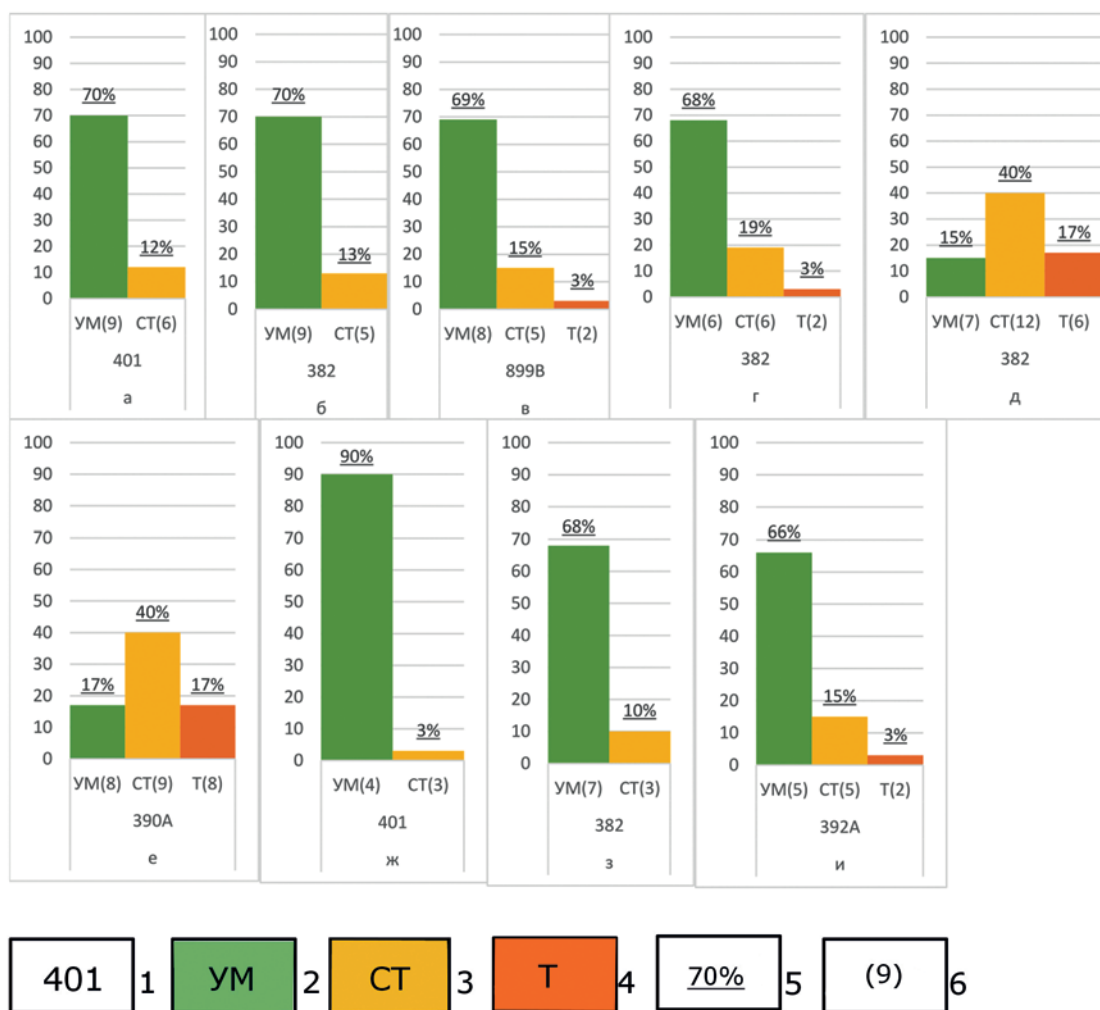


Рис. 2. Соотношение раковин планктонных фораминифер, относящихся к разным климатическим группам для разных типов танатоценозов и для разных возрастных интервалов: а–в – ранний, г – средний кампан, д–е – начало позднего, ж–и – конец позднего кампана; графики а, б, ж, з – бореальный; д, е – промежуточный тип танатоценоза; в, г, и – теплобореальный подтип танатоценоза; 1 – №№ скважин глубоководного бурения; 2–4 – климатические группы: 2 – умеренная, 3 – субтропическая, 4 – тропическая; 5 – количество **раковин** видов той или иной климатической группы в %; 6 – количество **видов** той или иной климатической группы

В нижнекампанских отложениях, вскрытых скважиной ODP Site 899B, комплекс ПФ становится более разнообразным. Примитивные таксоны умеренной группы по-прежнему там преобладают. Численность их раковин достигает 69% (рис. 2в). Доминируют виды *Globigerinelloides volutus* White, *Heterohelix punctulata* (Cushman), *H. pulchra* (Brotzen), *H. striata* (Ehrenberg), *H. globulosa* (Ehrenberg), *Hedbergella monmouthensis* (Olsson), *H. holmdelensis* Olsson, *Rugoglobigerina pilula* Belford. Численность раковин субтропической группы возрастает до 15% (рис. 2в). В верхней части зоны наблюдаются всплески разнообразия этих видов. Комплекс обогащен представителями килевых таксонов: *Globotruncanita stuartiformis* (Dalbiez), *G. elevata* (Brotzen), *Globotruncana arca* (Cushman), *G. linneiana* (Orbigny), *G. bulloides* Vogler. Большинство экземпляров вида *G. stuartiformis* имеют хорошую сохранность. На выпуклой брюшной стороне раковин виднеются углубленные, почти прямые, септальные швы. Однако главной чертой, отличающей изучаемый танатоценоз ПФ от бореального, является наличие в нем единичных раковин видов *Contusotruncana fornicata* (Plummer) и *Globotruncana mariei* Banner and Blow. Эти виды относятся к тропической группе, что допустимо в переходном теплобореальном типе танатоценоза, а не в бореальном (рис. 2в).

Выше по разрезу следует зона *Contusotruncana plummerae*. В отложениях, вскрытых скважиной DSDP Site 401, продолжает господствовать бореальный тип танатоценоза. Раковины видов умеренной группы составляют 72% по численности. Однако их систематический состав несколько меняется. В комплексе доминируют два бескилевых таксона *Hedbergella monmouthensis* (Olsson), *H. holmdelensis* Olsson, а виды *Globigerinelloides bollii* Pessagno, *G. volutus* White, *Heterohelix punctulata* (Cushman), *H. pulchra* (Brotzen), *H. striata* (Ehrenberg) приобретают подчиненное значение. Особи, относящиеся к субтропической группе, все также представлены единичными раковинами, среди которых встречаются виды *Radotruncana subspinoso* (Pessagno) и *Ventilabrella austinana* Cushman. Суммарная численность субтропических видов не превышает 11%. Виды тропической группы не выявлены.

В разрезе скважины DSDP Site 612 сохранность раковин ПФ в отложениях зоны *Contusotruncana plummerae* становится лучше. Удалось выявить представителей видов *Heterohelix punctulata* (Cushman), *H. globulosa* (Ehrenberg), *Hedbergella monmouthensis* (Olsson), *H. holmdelensis* Olsson, *Globigerinelloides bollii* Pessagno, *G. volutus* White и установить присутствие многочисленных обломков бескилевых раковин преимущественно рода *Hedbergella*. Суммарная численность их составляет 69%. Все перечисленные виды относятся к умеренной группе. Комплекс обогащается единичными раковинами видов *Globotruncana orientalis* El Naggar, *Radotruncana subspinoso* (Pessagno). Кроме того субтропическая группа представлена видами *Globotruncanita stuartiformis* (Dalbiez), *Ventilabrella browni* Martin. Общая численность субтропических видов не превышает 10%. Комплекс ПФ в отложениях зоны *Contusotruncana plummerae*, вскрытых скважинами DSDP Sites 401 и 612, характеризуется чертами бореального типа танатоценоза.

Комплекс ПФ из отложений скважины ODP Site 899В относительно разнообразен. Численность раковин умеренной группы снижается до 67%. Среди них доминируют бескилевые таксоны *Hedbergella monmouthensis* (Olsson), *H. holmdelensis* Olsson. Достаточно велико значение видов *Heterohelix punctulata* (Cushman) и *H. globulosa* (Ehrenberg). На долю раковин видов субтропической группы приходится 18%. Среди них преобладает вид *Globotruncana arca* (Cushman). Появляются единичные раковины *Globotruncana orientalis* El Naggар и *Schackoina multispinata* (Cushman and Wickenden). Комплекс обогащен несколькими раковинами видов тропической группы. Это – *Contusotruncana patelliformis* (Gandolfi), *C. fornicata* (Plummer) и *Globotruncana ventricosa* White. Процентное соотношение раковин и, главное, наличие в комплексе видов тропической группы позволяет предположить, что он относится к теплобореальному подтипу танатоценоза.

Весьма похожая картина наблюдается в отложениях зоны *Contusotruncana plummerae*, вскрытых скважиной DSDP Site 382 (рис. 2г). Видовой состав комплекса ПФ, по сравнению с танатоценозом из подстилающих осадков, становится более разнообразным. Бескилевые таксоны умеренной группы там по-прежнему преобладают. Однако наряду с раковинами видов *Hedbergella monmouthensis* (Olsson), *H. holmdelensis* Olsson встречаются *Heterohelix pulchra* (Brotzen), *Heterohelix striata* (Ehrenberg), *Heterohelix globulosa* (Ehrenberg) и *Globigerinelloides volutus* White. Общая численность раковин умеренной группы составляет 68% (рис. 2г). Субтропическая группа представлена видами *Rugoglobigerina rugosa* (Plummer), *Globotruncana arca* (Cushman), *G. linneiana* (Orbigny), *G. orientalis* El Naggар, *Radotruncana subspinosa* (Pessagno), *Ventilabrella glabrata* Cushman, которые составляют 19% по численности раковин. Единичные раковины тропической группы представлены видами *Globotruncana mariei* Banner and Blow, и *Globotruncana ventricosa* White. Изученный комплекс тоже, вероятно, относится к теплобореальному подтипу танатоценоза (рис. 2г).

Немного южнее (рис. 1б) отложения зоны *Contusotruncana plummerae* вскрываются скважиной DSDP Site 10. Комплекс ПФ характеризуется очень плохой сохранностью раковин и небольшим их количеством. Большинство экземпляров трудно определить до вида. Однако раковины видов тропической (в основном род *Contusotruncana*) и умеренной групп (бескилевые таксоны) присутствуют в равном количестве и составляют по 16% от общего числа раковин. Фрагменты раковин субтропической группы доминируют. Все это позволяет предположить, что танатоценоз был сформирован в условиях тепловодной промежуточной зоны.

Выше по разрезу следует зона *Radotruncana calcarata*. В отложениях, вскрытых скважиной DSDP Site 401, по-прежнему преобладают примитивные таксоны умеренной группы. Их раковины составляют 70% по численности. Эти ПФ представлены видами *Hedbergella monmouthensis* (Olsson), *H. holmdelensis* Olsson, *Globigerinelloides multispinatus* (Lalicker), *G. prairiehillensis* Pessagno, *G. asperus* (Ehrenberg), *Heterohelix punctulata* (Cushman), *H. pulchra* (Brotzen), *H. striata* (Ehrenberg). Численность раковин субтропической группы составляет 13%. Среди

них преобладают виды *Globotruncana arca* (Cushman). Кроме того встречаются единичные раковины *G. linneiana* (Orbigny), *Ventilabrella monuelensis* Martin, *Rugoglobigerina rugosa* (Plummer) и *Globotruncana stephensoni* Pessagno. Виды тропической группы не выявлены. На мой взгляд, не вызывает сомнений, что изученный комплекс ПФ относится к бореальному типу танатоценоза.

Одновозрастный комплекс ПФ из скважины DSDP Site 382 отличается разнообразием родовых и видовых таксонов (рис. 2д). Ни в одном из вышеописанных срезов не наблюдалось столь большого количества раковин, которые характеризуются хорошей сохранностью. Субтропическая группа представлена двенадцатью видами: *Globotruncana arca* (Cushman), *G. linneiana* (Orbigny), *G. bulloides* Vogler, *G. orientalis* El Naggar, *G. stephensoni* Pessagno, *G. hilli* Pessagno, *Globotruncanita stuartiformis* (Dalbiez), *G. lapparenti* Brotzen, *Rugoglobigerina rugosa* (Plummer), *Radotruncana subspinosa* (Pessagno), *Ventilabrella monuelensis* Martin, *V. riograndensis* Martin. У раковин последнего вида наблюдается неравномерное увеличение камер: три начальные камеры очень мелкие, а далее их размеры стремительно увеличиваются с ростом раковины. Крупные раковины вида *G. lapparenti* Brotzen отличаются наличием мелких шипиков на двух своих четко выраженных киях. Эта особенность редко наблюдается у данного вида. Общая численность раковин субтропической группы составляет 40% (рис. 2д). Виды тропической и умеренной групп тоже достаточно широко распространены. Раковины последних имеют численность 15%, а представители тропической группы – на 2% больше (рис. 2д). В верхней части зоны это соотношение меняется на противоположное. Умеренная группа представлена видами *Globigerinelloides bollii* Pessagno, *G. asperus* (Ehrenberg), *Heterohelix pulchra* (Brotzen), *H. striata* (Ehrenberg), *H. globulosa* (Ehrenberg), *Hedbergella monmouthensis* (Olsson), *H. holmdelensis* Olsson, а тропическая – *Pseudoguembelina costulata* (Cushman), *Contusotruncana patelliformis* (Gandolfi), *C. fornicata* (Plummer), *Radotruncana calcarata* Cushman, *Globotruncana ventricosa* White, *G. mariei* Banner and Blow. В верхней части зоны выбывает вид *G. mariei* Banner and Blow, зато комплекс ПФ обогащается двумя видами умеренной группы: *Globigerinelloides multispinatus* (Lalicker), *G. prairiehillensis* Pessagno. Кроме того встречаются виды, имеющие узкое широтное распространение и не вошедшие в климатический ряд. Изученный танатоценоз принадлежит к промежуточному типу.

Несколько южнее отложения зоны *Radotruncana calcarata* вскрыты скважиной DSDP Site 390А. Выявленный комплекс ПФ достаточно разнообразен (рис. 2е). Численность видов субтропической группы достигает 41%. Среди них явно доминируют *Globotruncana linneiana* (Orbigny) и *G. arca* (Cushman). Велико также значение вида *Globotruncanita stuartiformis* (Dalbiez). Кроме того присутствуют *Rugoglobigerina rugosa* (Plummer), *Radotruncana subspinosa* (Pessagno), *Globotruncana stephensoni* Pessagno, *G. lapparenti* Brotzen, *G. hilli* Pessagno, *G. bulloides* Vogler. Раковины умеренной и тропической групп составляют по 17% (рис. 2е). Среди последних преобладают представители рода *Contusotruncana*. Явно выделяются крупные, двух-

килевые, украшенные каемчатыми выпуклыми септальными швами, раковины *Contusotruncana fornicata* (Plummer). Среди умеренных видов ведущие значение имеют виды *Hedbergella monmouthensis* (Olsson), *H. holmdelensis* Olsson. Данный танатоценоз, скорее всего, сформировался в условиях промежуточной природной зоны.

В отложениях зоны *Radotruncana calcarata*, вскрытых скважиной ODP Site 899B, комплекс ПФ значительно отличается от комплекса ранее описанных подстилающих отложений. На смену теплобореальному подтипу приходит промежуточный тип танатоценоза. Виды субтропической группы составляют 38%. Умеренные виды (19% по численности) несколько преобладают над тропическими, численность которых не превышает 15%. Выделить явно доминирующие виды в комплексе трудно. Можно только отметить, что среди представителей умеренной группы преобладают мелкие бескилевые таксоны. Выделенный промежуточный танатоценоз, вероятно, сформирован в условиях более прохладных, чем одновозрастные промежуточные танатоценозы скважин 382 и 390А. В пользу этого предположения свидетельствует уменьшение значения видов тропической группы и увеличение численности умеренных видов.

Комплекс ПФ из кернов скважины DSDP Site 612 (зона *Radotruncana calcarata*) отличается плохой сохранностью раковин. Определить до вида большинство раковин невозможно, однако представители умеренной группы, в основном *Globigerinelloides*, *Heterohelix* и *Hedbergella*, составляют не более 16%. Приблизительно столько же приходится на долю тропических раковин, среди которых удалось определить *Contusotruncana patelliformis* (Gandolfi) и *Pseudoguembelina costulata* (Cushman). Раковины видов субтропической группы составляют 40%. Они представлены различными глоботрунканитами очень плохой сохранности. Вероятно, рассмотренный комплекс ПФ был сформирован в пределах промежуточной климатической зоны.

Последний, рассматриваемый в настоящей работе, срез – основание зоны *Gansserina gansseri*, датируется (Coccioni, Premoli Silva, 2015) концом верхнего кампана. Отложения, вскрытые скважиной DSDP Site 401, содержат весьма однообразный комплекс ПФ (рис. 2ж). Он почти полностью состоит из маленьких, низких, трохоспиральных раковин рода *Hedbergella*. Это преимущественно *H. holmdelensis* Olsson и, отличающийся от него сферической формой камер и более грубошероховатой поверхностью стенки, вид *H. monmouthensis* (Olsson). Кроме того встречаются раковины вида *Globigerinelloides impensus* Sliter. Субтропическая группа представлена всего тремя экземплярами *Globotruncanella havanensis* (Voogwijk). Рассмотренный танатоценоз относится к «супербореальному» типу (рис. 2ж).

Комплекс ПФ основания зоны *Gansserina gansseri* в скважине DSDP Site 382 резко отличается от богатого, разнообразного промежуточного типа танатоценоза, господствующего в подстилающих отложениях (рис. 2з). ПФ представлены десятью видами: *Hedbergella monmouthensis* (Olsson), *H. holmdelensis* Olsson, *Heterohelix*

striata (Ehrenberg), *H. globulosa* (Ehrenberg), *Globigerinelloides multispinus* (Lalicker), *G. bollii* Pessagno, *G. impensus* Sliter, *Globotruncana arca* (Cushman), *G. linneiana* (Orbigny), *Globotruncanita stuartiformis* (Dalbiez). Только три последних таксона относятся к субтропической, остальные – к умеренной группе. Численность их раковин составляет 68% (рис. 2з). Этот танатоценоз отличается от одновозрастного комплекса скважины 401 большим видовым разнообразием ПФ. Однако его состав свидетельствует о том, что он тоже, вероятно, сформировался в пределах бореальной зоны.

В разрезе скважины ODP Site 899B, в отложениях верхней части позднего кампана, комплекс ПФ изменяется. В танатоценозе исчезают единичные раковины тропической группы, которые встречались на протяжении всего кампанского разреза. Численность субтропических видов снижается до 8%. Среди них преобладают *Globotruncana linneiana* (Orbigny) и *G. arca* (Cushman). Характерно, что раковины последнего вида отличаются от особей, существовавших в более тепловодных условиях, меньшим размером умбиликуса и слабой, едва заметной, орнаментацией швов на брюшной стороне. Виды умеренной группы, в основном бескилевые таксоны, широко распространены. Их раковины составляют 71% по численности. Весьма вероятно принадлежность данного танатоценоза к бореальному типу.

Одновозрастные отложения вскрываются скважиной DSDP Site 390A. Комплекс ПФ имеет много общего с вышеописанным танатоценозом. Раковин вида *G. arca* (Cushman) становится меньше, но они отличаются теми же специфическими признаками. Численность раковин субтропической группы составляет 9%, а умеренной достигает 70%. Среди последних, наряду с мелкими бескилевыми раковинами видов *Hedbergella monmouthensis* (Olsson) и *H. holmdelensis* Olsson, широко распространены *Globigerinelloides prairiehillensis* Pessagno, *G. impensus* Sliter, *G. multispinus* (Lalicker) и *Heterohelix globulosa* (Ehrenberg). Этот танатоценоз также был сформирован в пределах бореальной зоны.

Южнее, на палеошироте 32°с.ш., отложения верхней части позднего кампана вскрыты скважиной DSDP Site 392A. Изученный там комплекс ПФ тоже не отличается видовым и родовым разнообразием (рис. 2и). Представители умеренной группы доминируют. Их состав обогащается видом *Heterohelix striata* (Ehrenberg). Раковины бескилевых таксонов, особенно *H. holmdelensis* Olsson, имеют ведущее значение. Встречаются *G. multispinus* (Lalicker) и *Heterohelix globulosa* (Ehrenberg). Численность раковин умеренной группы составляет 66% (рис. 2и). Субтропическая группа представлена пятью видами: *Globotruncana arca* (Cushman), *G. linneiana* (Orbigny), *G. orientalis* El Naggar, *Rugoglobigerina rugosa* (Plummer), *Globotruncanella havanensis* (Voorwijk). Численность их раковин составляет 15% (рис. 2и). Присутствуют единичные раковины видов *Gansserina gansseri* (Bolli) и *Globotruncana rosetta* (Carsey). Эти виды относятся к тропической группе. Рассмотренный танатоценоз, вероятно, относится к переходному теплобореальному подтипу.

Анализ изученного материала показал, что в распределении танатоценозов ПФ по разрезу наблюдается следующие закономерности:

1. Для всего разреза кампанских осадков характерны примитивные холодноводные ПФ, относящиеся к родам *Hedbergella*, *Globigerinelloides* и *Heterohelix*, особенно широко они распространены в нижней и самой верхней частях разреза.

2. Нижняя часть разреза – зона *Globotruncanites elevata*. Отложения скважин DSDP Sites 401, 382, 612 характеризуются обилием холодноводных таксонов: *Hedbergella* и *Heterohelix*. Наряду с последними иногда в небольшом количестве встречаются различные глоботрунканы и крупные однокилевые глоботрунканы. В отложениях скважины ODP 899B холодноводные таксоны по-прежнему доминируют, но значение субтропических глоботрункан несколько возрастает. В верхней части зоны наблюдаются всплески видового разнообразия килевых таксонов: *Globotruncanites stuartiformis* (Dalbiez), *G. elevata* (Brotzen), *Globotruncanites arca* (Cushman), *G. linneiana* (Orbigny), *G. bulloides* Vogler. И, главное, комплекс ПФ содержит единичные раковины видов тропической группы (тепlobореальный подтип танатоценоза).

3. В средней части разреза – зона *Contusotruncanites plummerae* – холодноводный бореальный тип танатоценоза господствует только в отложениях скважин DSDP Sites 401, 612. Отложения скважины DSDP Site 382, так же, как и ODP Site 899B, обогащены восьмью видами субтропической и тремя – тропической группы. Поэтому их можно отнести к тепlobореальному подтипу танатоценоза.

4. В начале верхней части разреза – зона *Radotruncanites calcarata* – картина резко меняется. Повсеместно (кроме DSDP Site 401) господствует промежуточная климатическая зона – наблюдается резкое увеличение крупных, сильно скульптированных, тропических таксонов. Появляются раковины вида *Contusotruncanites patelliformis* (Gandolfi), встречаются *Pseudoguembelina costulata* (Cushman), *C. fornicata* (Plummer), *Radotruncanites calcarata* Cushman, *Globotruncanites ventricosa* White, *G. mariei* Banner and Blow. Чрезвычайно широко распространены виды субтропической группы. Даже в отложениях скважины DSDP Site 401 их численность возрастает до 13%.

5. В конце верхней части разреза – основание зоны *Gansserina gansseri* – ведущее значение снова выпадает на долю холодноводных ПФ. Особенно ярко это проявляется в отложениях скважины DSDP Site 401. Там развит чрезвычайно обедненный, «супербореальный» тип танатоценоза. Комплексы ПФ в остальных срезах тоже не отличаются таксономическим разнообразием. Численность раковин субтропических видов не превышает 8% (бореальный тип танатоценоза). Единичные раковины тропической группы обнаружены только в самом южном разрезе (DSDP Site 392A) (тепlobореальный подтип танатоценоза).

6. Закономерности в распределении танатоценозов ПФ особенно ярко прослеживаются на примере разреза DSDP Site 382. В раннем кампане там был развит типичный бореальный тип танатоценоза. В средней части разреза немного возрастает значение субтропических видов, комплекс обогащается несколькими раковинами тропической группы и приобретает черты переходного тепlobореального подти-

па танатоценоза. Начало позднего кампана характеризуется классическим тепловодным промежуточным типом танатоценоза. Наряду с многочисленными раковинами субтропической группы присутствуют, практически в равных количествах, особи умеренной и тропической групп. И, наконец, в верхней части разреза развит однообразный бореальный тип танатоценоза, более обедненный по сравнению с комплексом нижней части разреза.

Миграция границ климатических зон в пределах изученного региона

Анализ карты климатической зональности для стратиграфической зоны *Globotruncanita elevata* (рис. 1а) показал, что ранний кампан характеризовался типичными для конца Мезозоя условиями. На большей части изучаемой акватории господствовала бореальная зона. Ее южная граница проходила на палеошироте 39°с.ш. через точку с переходным теплобореальным подтипом танатоценоза (ODP 899B). В западной части региона эта граница намечалась в районе 34°с.ш. Южнее была развита тепловодная промежуточная зона, которая распространилась и за пределы изучаемого региона, почти до палеоэкватора. Собственные оценки палеотемператур (Zakharov et al., 2007) в этой акватории соответствуют промежуточной зоне (21°C DSDP Sites 95, 634).

В среднем кампане (стратиграфическая зона *Contusotruncana plummerae*) (рис. 1б) в пределах изучаемого региона тоже существовали две зоны – бореальная и промежуточная. Однако разделяющая их граница в западной части акватории незначительно (на 4°) сместилась к северу. Эта граница проведена через две точки, в области которых был развит переходный теплобореальный подтип танатоценоза (DSDP Site 382 и ODP Site 899B).

При анализе карты для стратиграфической зоны *Radotruncana calcarata* (рис. 1в) выяснилось, что в начале позднего кампана южная граница бореальной зоны резко сместились к северу. Промежуточная зона господствовала до 45°с.ш. Собственные оценки палеотемператур (Захаров и др., 2004) в этой акватории соответствуют промежуточной зоне (21°C, DSDP Site 390A).

В конце позднего кампана (основание фазы *Gansserina gansseri*) (рис. 1г) началось резкое похолодание, которое продолжилось в маастрихте. В северной части акватории отмечен самый обедненный «супер бореальный» тип танатоценоза (DSDP Site 401). Бореальная зона была развита практически повсеместно. Только в самой южной части акватории ей на смену пришла теплобореальная подзона. Ее южная граница проходила на палеошироте 33°с.ш. Тепловодная промежуточная зона в конце позднего кампана в изученном регионе не выявлена. Позднекампанское похолодание подтверждается данными изотопного анализа (Захаров и др., 2004; Zakharov et al., 2006; 2007). В районе скважин DSDP Sites 390A и 392A температура поверхностных вод понизилась в конце кампана до 15°C, что соответствует бореальной зоне.

Позднекампанское похолодание происходило не только в средних широтах Атлантического океана. На южной Аляске, в Северной Америке и в Тихом океане (DSDP Site 289) температура поверхностных вод не превышала в позднем кампане отметку 12–15°C (собственные данные) (Zakharov et al., 2006; 2007). Похолодание в конце кампана выявлено на возвышенности Шатского (Jung et al., 2012); в Крымско-Кавказском регионе и эпиконтинентальных бассейнах Северного полушария (Кораевич, Vishnevskaya, 2016; Vishnevskaya, Кораевич, 2020) и другими исследователями (Беньямовский и др., 2014; Niebuhr et al., 2011). В Южном полушарии позднекампанское похолодание тоже зафиксировано (Соколова, 2019; Falzoni et al., 2013).

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).

В результате проведенного микропалеонтологического исследования для узких возрастных интервалов кампана в Северном полушарии, автору удалось проследить климатические колебания, происходившие в средних широтах Атлантического океана.

Выводы

1. В течение всего изучаемого временного интервала в средних широтах Северного полушария климат был мягким и однородным. Резкие климатические колебания в большей части разреза не выявлены.

2. Климатические условия в течение раннего и среднего кампана оставались почти неизменными. Только в западной части региона граница между бореальной и промежуточной зонами незначительно (на четыре градуса) сместилась к северу. Это факт можно интерпретировать в пользу того, что в этой области наметилась некоторая тенденция к потеплению.

3. Согласно реконструкциям по ПФ и палеотемпературным оценкам, тенденция к потеплению резко усилилась в начале позднего кампана. Северная граница промежуточной зоны сместилась до 45°с.ш. Кратковременное потепление проявилось даже в пределах бореальной зоны (комплекса ПФ обогатился субтропическими видами).

4. В конце позднего кампана ярко проявилась противоположная тенденция. Южная граница бореальной зоны сместилась к палеоэкватору до 33°с.ш. и приобрела расплывчатые очертания. В южной части акватории развит переходный теплобореальный подтип танатоценоза. Согласно нашим данным (Соколова, 1998) позднекампанское похолодание усилилось в маастрихте. Оно называется кампан-маастрихтским пограничным событием (СМВЕ) и зафиксировано в различных зональных шкалах (Jung et al., 2012; Niebuhr et al., 2011; Thibault et al., 2012a; Беньямовский и др., 2014).

Благодарности. Автор считает своим долгом выразить благодарность комитету «Curatorial Advisory Board» и А.П. Лисицыну за передачу образцов кернов глубоководного бурения, без которых данная работа была бы невозможна. Работа выполнена в рамках государственного задания (тема № 0128-2021-0005).

Литература

- Ахметьев М.А.* Стратиграфия и флора сенона и дания юга российского Дальнего Востока // 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.
- Бараиш М.С.* Четвертичная палеоокеанология Атлантического океана. М.: Наука, 1988. 272 с.
- Беньямовский В.Н., Алексеев А.С., Подгаецкий А.В., Овечкина М.Н., Вишневецкая 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.
- 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.
- 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.
- Герман А.Б.* Позднемеловой климат Евразии и Аляски. М.: Наука, 2004. 157 с.
- 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 органических карбонатов и проблема парадоксально низких изотопных палеотемператур тропиков в маастрихте // Тихоокеанская геология. 2004. Т. 23. № 4. С. 54–72.
- Зоненшайн Л.П., Савостин Л.А., Седов А.П.* Глобальные палеогеодинамические реконструкции для последних 160 лет // Геотектоника. 1984. № 3. С. 3–16.
- Копаевич 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.* Климатическая зональность Атлантического и Индийского океанов в позднем туроне, коьяке 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.

- 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. DOI: 10.29006/1564-2291.JOR-2018.46(1).8.
- Соколова Е.А. Климатическая зональность Южного полушария в кампанское время по данным изучения планктонных фораминифер // Океанологические исследования. 2019. Т. 47. № 4. С. 128–142. DOI: 10.29006/1564-2291.JOR-2019.47(4).8.
- 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.
- Briena C.L., Robinson S.A., Pancost R.D., Damsté J.S., Schoutende S., Lunt D.J., Alsenz H., Bornemann A., Bottin C., Brassell S.C., Farnsworth A., Forster A., Huber B.T., Inglis G.N., Jenkyns H.C., Linnert C., Littler K., Markwick P., Wrobel N.E. Cretaceous sea-surface temperature evolution: Constraints from TEX86 and planktonic foraminiferal oxygen isotopes // *Earth-Science Reviews*. 2017. Vol. 172. P. 224–247.
- 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.
- Falzone 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.
- Falzone 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.
- Hay W. Evolving ideas about the Cretaceous climate and ocean circulation // *Cretaceous Research*. 2008. Vol. 29. P. 725–753.
- 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(45).
- Jung C., Voigt S., Friedrich O. High-resolution carbon-isotope stratigraphy across the Campanian–Maastrichtian boundary at Shatsky Rise (tropical Pacific) // *Cretaceous Research*. 2012. Vol. 37. P. 177–185.
- 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.
- 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.
- Scotese C.R. Jurassic and Cretaceous plate tectonic reconstructions // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 1991. Amsterdam. No. 87. P. 493–501.
- 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 $\delta^{13}\text{C}$ curve for the Boreal Realm // *Cretaceous Res.* 2012. Vol. 33. P. 72–9020.
- 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, London, Special Publications. 2020. Vol. 498. P. 165–187.
- 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.
- 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.

CLIMATIC FLUCTUATIONS IN THE MIDDLE LATITUDES OF THE NORTHERN HEMISPHERE ACCORDING TO THE STUDY OF CAMPANIAN PLANKTONIC FORAMINIFERA

Sokolova E.A.

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

Submitted 06.04.2021, accepted 24.05.2021.

To reconstruct the climatic fluctuations that occurred in the middle latitudes of the Northern Hemisphere in the Atlantic Ocean in the Campanian Age, the systematic composition of the shells of planktonic foraminifera was studied from core samples from seven deep-water drilling holes. The identified foraminiferal assemblages are assigned to two types (boreal and intermediate) and one subtype (warm boreal) thanatocenosis. On the basis of their spatial distribution, the position of climatic zones for sections of the early, middle, beginning and end of the late Campanian was determined. Different climatic zones were characterized by different types of water masses. Within the studied water area, during most of the studied age interval, two climatic zones were developed: intermediate and boreal. In the Early and Middle Campanian, the boundary between them was in the southern part of the region under consideration. At the beginning of the late Campanian, this border sharply shifted to the north. A short-term Late Campanian warming began. At the end of the late Campanian, the temperature dropped sharply. An intermediate type of thanatocenosis has not been identified. Even in the southernmost part of the water area, the warmboreal subzone prevailed. The obtained reconstructions are confirmed by our own and published data of oxygen isotope analysis.

Keywords: Late Cretaceous, Campan, foraminifera, thanatocenoses, paleotemperature, paleoclimate, climatic zonality, paleolatitudes, water masses

Acknowledgement: The author considers it his duty to express gratitude to the Curatorial Advisory Board and A.P. Lisitsyn for the transfer of core samples from deep-water drilling, without which this work would have been impossible. The work was carried out within the framework of a state assignment (topic No. 0128-2021-0005).

References

- 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). *Paleontology, stratigraphy, astrobiology. K 80-letiju A.Ju. Rozanova, Otv. red. S.V. Rozhnov*, Moscow, Paleontologicheskij institut im. A.A. Borisjaka RAN., 63–92.
- Barash, M.S., 1988: *Chetvertichnaya paleookeanologiya Atlanticheskogo okeana* (Quaternary paleoceanology of the Atlantic). Moscow, Nauka, 272 p.
- Ben'jamovskij, V.N., A.S. Alekseev, A.V. Podgaeckij, M.N. Ovechkina, V.S. Vishnevskaja, L.F. Kopaeovich, 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). *Stratigrafiya, Geologicheskaya korrelyacija*, **22**(5), 77–96.
- Bice, K.L., B.T. Huber, and R.D. Norris, 2003: Extreme polar warmth during the Cretaceous greenhouse, *Paleoceanography*, **18**(2), 1–11.
- 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). *Bjul. MOIP. Otd. geol.*, **62**(6), 116–130.
- Briena, C.L., S.A. Robinsona, R.D. Pancostbc, J.S. Damstéde, S. Schoutende, D.J. Luntcf, H. Alsenz, 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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, Seriya 4, Geol.*, **2**, 20–33.
- German, A.B., 2004: Pozdnemelovoj klimat Evrazii i Aljaski (Late Cretaceous climate of Eurasia and Alaska). Moscow, Nauka, 157 p.
- Hay, W., 2008: Evolving ideas about the Cretaceous climate and ocean circulation. *Cretaceous Research*, **29**, 725–753.
- 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(45).
- Jung, C., S. Voigt, and O. Friedrich, 2012: High-resolution carbon-isotope stratigraphy across the Campanian–Maastrichtian boundary at Shatsky Rise (tropical Pacific). *Cretaceous Research*, 37, 177–185.
- 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.
- 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.
- Niebuhr, B., M.J. Hampton, L.T. Gallagher, and Z. Remin, 2011: Integrated stratigraphy of the Krons Moor section (northern Germany), a reference point for the base of the Maastrichtian in the Boreal Realm. *Acta Geol. Polonica*, 61(2), 193–214.
- 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.
- Scotese, C.R., 1991: Jurassic and Cretaceous plate tectonic reconstructions. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, Amsterdam, 87, 493–501.
- 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.
- 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: *Melovaya 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.
- Sokolova, E.A., 2018: Migracija klimaticheskikh zon v Atlanticheskom okeane i priliegajushih 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, doi: 10.29006/1564-2291.JOR-2018.46(1).8.
- Sokolova, E.A., 2019: Klimaticheskaja zonal'nost' Juzhnogo polusharija v kampanskoe vremja po dannym izuchenija planktonnyh foraminifer. *Journal of Oceanological Research*, 47(4), 128–142, doi: 10.29006/1564-2291.JOR-2019.47(4).8.
- 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 $\delta^{13}\text{C}$ curve for the Boreal Realm. *Cretaceous Res.*, 33, 72–9020.
- Vishnevskaya V.S. and L.F. Kopaevich, 2020: Microfossil assemblages as key to reconstruct sea-level fluctuations, cooling episodes and palaeogeography: The Albian to Maastrichtian of Boreal and Peri-Tethyan Russia: Wagreich M., Hart M. B., Sames B., & Yilmaz I.O. (eds) Cretaceous Climate Events and Short-Term Sea-Level Changes. *Geological Society*, London, Special Publications, 498, 165–187.

- 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. *Tihookeanskaya geologiya*, **23**(4), 54–72.
- 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 latitudes. *Geosciences Journal*, **10**(3), 339–359.
- 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.
- 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.