

# СТРАТИГРАФИЯ И ЛИТОЛОГИЯ

УДК 551.787.42(470.324)

## ЛЮТЕТ ИЛИ БАРТОН?

### ВОЗРАСТ СЕРГЕЕВСКОЙ СВИТЫ ПО НАННОПЛАНКТОНУ В ОПОРНОМ РАЗРЕЗЕ «КАНТЕМИРОВКА» ВОРОНЕЖСКОЙ АНТЕКЛИЗЫ И КОРРЕЛЯЦИЯ С СОПРЕДЕЛЬ- НЫМИ РЕГИОНАМИ

В.А. Мусатов

АО «Нижне-Волжский НИИ геологии и геофизики»

DOI:10.24411/1997-8316-2020-11011

*Аннотация:* представлены результаты детального изучения наннофоссилий из опорного разреза среднего эоцена Воронежской антеклизы, расположенного вблизи г. Кантемировка. Применение зональной схемы по наннопланктону, разработанной С. Agnini et al. (2011), позволило с высокой степенью достоверности выделить в мергельной пачке сергеевской свиты зоны CNE12 и CNE13, которые соответствуют позднему лютеету современной стратиграфической шкалы палеогена (GTS-2012). Результаты исследования позволили скоррелировать мергельную пачку сергеевской свиты с нижнекиевской подсвитой Украины, керестинской свитой Ергеней и нижней частью кумской свиты Предкавказья и Крыма. Высказывается предположение, что тишкинская свита может соответствовать зоне CNE14 и отвечать термальному эпизоду C19 n. В связи с тем, что граница между лютетским и бартонским ярусами до настоящего времени не имеет общепринятого стратотипа и точного обоснования возраста, основание сергеевской свиты, отвечающее начальному этапу крупной, сложно развивающейся лютетско-бартонской трансгрессии, может соответствовать нижней границе бартонского яруса.

*Ключевые слова:* средний эоцен, лютетский и бартонский ярусы, сергеевская, керестинская, киевская, кумская свиты, наннопланктон, Воронежская антеклиза.

Владимир Александрович Мусатов e-mail: dr.musatov@yandex.ru

## LUTETIAN OR BARTONIAN?

### AGE OF THE SERGEEVSKAYA FORMATION ON NANNOPLANKTON IN THE KANTEMIROVKA SECTION OF THE VORONEZH ANTECLISE AND CORRELATION WITH THE NEAR REGIONS

V.A. Musatov

JSC "Lower Volga Research Institute of Geology and Geophysics"

*Abstract:* the results of a detailed study of nannofossils from the reference section of the Middle Eocene of the Voronezh anteclise, located near the city of Kantemirovka, are presented. The use of the nannoplankton zonal scale developed by C. Agnini et al. Made it possible to isolate, with a high degree of certainty, the CNE12 and CNE13 zones, which correspond to the late Lutettian stage of the modern stratigraphic paleogene scale (GTS-2012), in the marl member

of the Sergeyevskaya Fm. The results of the study made it possible to correlate the marl layers of the Sergeyevskaya Fm. from the Nizhnekievskaya SubFm. of Ukraine, the Kerestinskaya Fm. of Ergeny and the lower part of the Kumskaya Fm. of Ciscaucasia and Crimea. It has been suggested that the Tishkinskaya Fm. may correspond to the CNE14 zone and correspond to the thermal episode C19n. Due to the fact that the boundary between the Lutetian and Bartonian stages does not yet have a generally accepted stratotype and an accurate justification of age, the foundation of the Sergeyevskaya Formation, corresponding to the initial stage of a large, difficultly developing Lutetian-Bartonian transgression, may correspond to the lower boundary of the Bartonian stage.

*Key words:* Middle Eocene, Lutetian and Bartonian stages, Sergeyevskaya, Kerestinskaya, Kievskaya, Kumskaya Formations, nannoplankton, Voronezh anteclise.

## ВВЕДЕНИЕ

Создание детальной стратиграфической схемы палеогеновых отложений Воронежского региона проводилось в 50–60-е гг. прошлого столетия. Значительный вклад при обобщении материалов и разработке стратиграфических схем был внесен В.П. Семеновым [18], им же выделено большинство стратиграфических подразделений. Наиболее полно история изучения палеогеновых отложений до 1965 г. описана в работах [6, 18]. Стратотип сергеевской свиты верхнего эоцена (возраст указан по автору [18]) описан у с. Сергеевка (среднее течение левого

притока р. Россошь, около 23 км на запад от г. Павловск (Павловск-на-Дону)) и приблизительно в 80-ти км к северу от разреза Кантемировка (рис. 1). Автором в объем свиты включались фосфоритовые пески в основании свиты, мергельная пачка средней части и некарбонатные или слабокарбонатные глины верхней части. В стратотипе сергеевская свита представлена глинами зеленовато-серыми, опоковидными, в нижней части карбонатными, мощность глин около 75 м. Подстиляется песками глинистыми, участками слабокарбонатными, мощностью около 3–3,5 м. Ниже залегают алевроиты

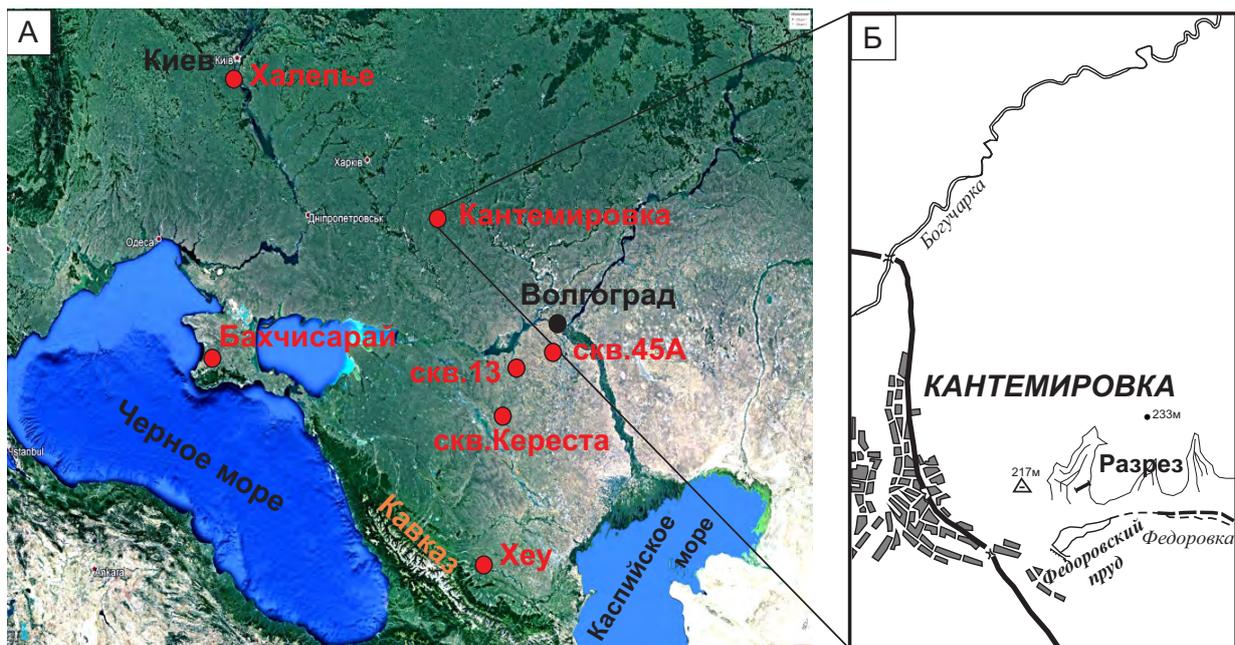


Рис.1. Расположение изученного разреза «Кантемировка»

россошанской подсвиты осиновской свиты (7 м) и меловые породы кампанского яруса верхнего мела. Таким образом, в стратотипе отсутствуют мергельные породы средней части сергеевской свиты. Вероятно, автор выбрал данный разрез по той причине, что сергеевская свита здесь подстилается породами росошанской подсвиты и перекрывается глинами тишкинской свиты.

В опорном разрезе [6, 18] в окрестностях г. Кантемировка сергеевская свита, с пачкой мергелей в средней части, залегает на белых мергелях кампанского яруса и так же перекрывается глинами тишкинской свиты (рис. 2).

Необходимо отметить, что нижнюю часть песков с фосфоритами в данном разрезе автор [18] выделял в качестве росошанской подсвиты осиновской свиты. В объеме сергеевской свиты включались и глины зеленовато-серые слабокарбонатные мощностью 2–5 м, перекрывающие пачку мергелей. В настоящее время [6] в объеме сергеевской свиты включена вся пачка фосфоритовых песков от границы с мергелями кампанского яруса, перекрывающая пески пачка мергелей средней части свиты, а также незначительная по мощности пачка карбонатных глин в кровельной части. Трансгрессивно залегающие на мергелях некарбонатные (или слабокарбонатные) глины включены в объем тишкинской свиты.

### **МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ**

Коллекция образцов из разреза Кантемировка для исследования была любезно предоставлена В.Н. Беньямовским (ГИН РАН, Москва). Известковый наннопланктон изучался во всех без исключения образцах — начиная с обр.3 по обр.93. Исследования проводились на временных препаратах без покровного стекла и в основном без обога-

щения. Образцы 3–10 обогащались методом декантации. Просмотр препаратов проводился с помощью микроскопа AxioLab A1 (Zeiss) с объективом X100 и окулярами 10x/20. Фотографирование и обработка фотографий осуществлялись цифровым фотоаппаратом Canon 1000D с применением программы AxioVision. Rel.4.8.2 (06–2010).

Весьма богатые в видовом отношении комплексы наннопланктона обнаружены во всех образцах сергеевской свиты. Почти вся толща пород тишкинской и касьяновской свит наннопланктон не содержала, за исключением нескольких образцов из тишкинской (преимущественно из подошвенной части) и основания касьяновской свиты с весьма обедненными комплексами, состоящими из 1–5 видов (рис. 2).

### **СТРОЕНИЕ РАЗРЕЗА**

Ниже приводится послойное описание сергеевской свиты и гипостратотипа тишкинской свиты разреза Кантемировка (рис. 2). Описание разреза и нумерация образцов приведены по работе [6] с небольшими изменениями и дополнениями. Среднеэоценовые отложения в данном разрезе залегают на меловых породах кампанского яруса, наннопланктон из которых не изучался.

Разрез представлен пятью хорошо литологически выраженными частями:

#### **1. Карбонатно-песчано-глинисто-фосфоритовая пачка**

*Осиновская свита. Росошанская подсвита*

**Слой 1.** Песок глауконит-кварцевый, желтовато-серый с зеленоватым оттенком, мелкозернистый, в нижней части разнозернистый, слабоизвестковистый, с гравием, сыпучий, с мелкими и частыми желваками фосфоритов. В подошве — слой крупных фосфоритов и гравия. Встречаются редкие спикулы и разру-

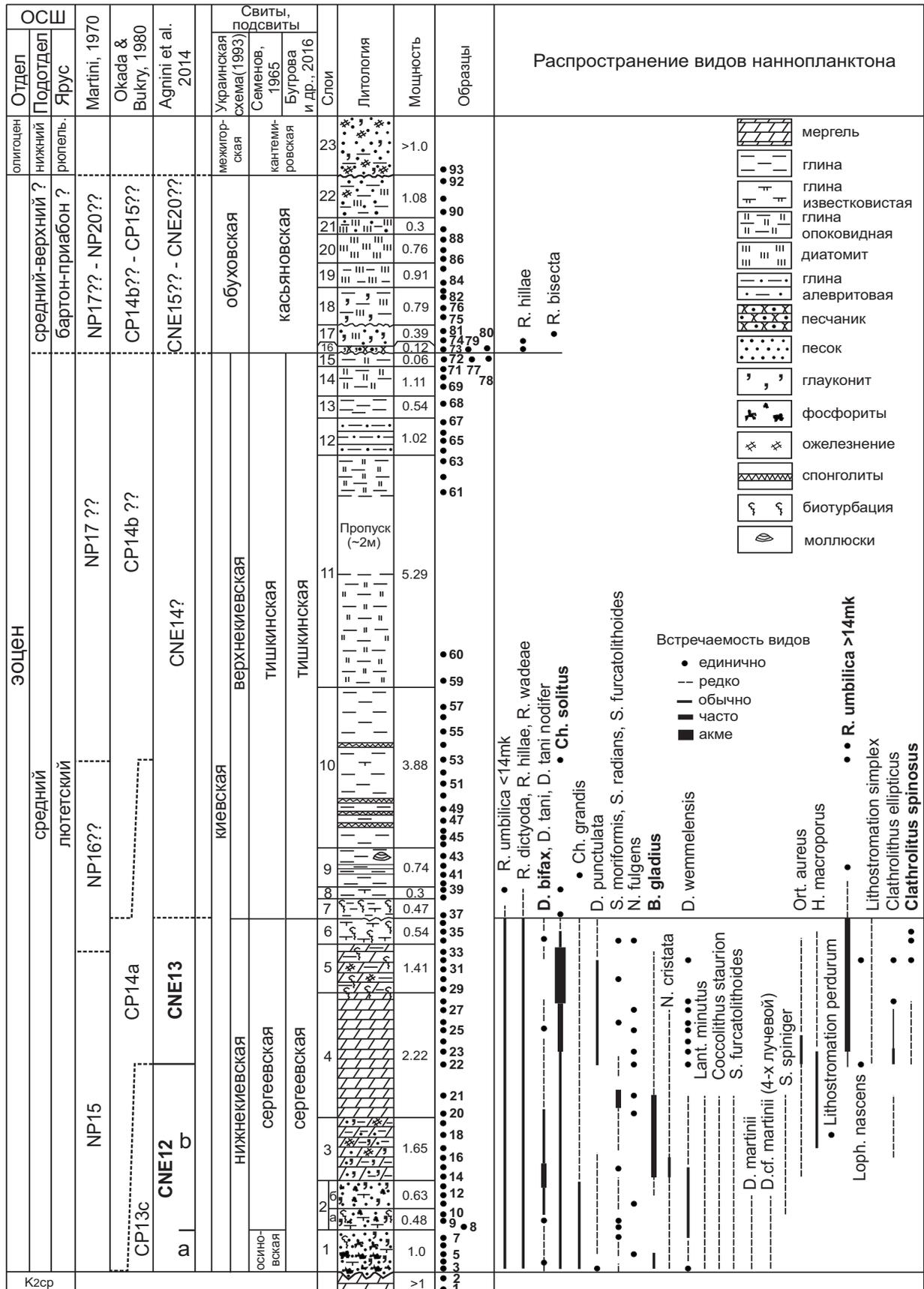


Рис. 2. Строение разреза Кантемировка и распространение стратиграфически важных видов наннопланктона

шенные диатомеи. Мощность 1 м. Образцы 3–8. Вполне вероятно, что данная часть разреза относилась автором [18] к верхней, росошанской подсвите осиновской свиты.

*Сергеевская свита*

**Слой 2а.** Песок глауконит-кварцевый, глинистый, слабокарбонатный, желтый или желтовато-серый, мелкозернистый, переполненный фосфоритами с галькой, с ходами илоедов, выполненными мергелем; глинистость и карбонатность возрастает вверх по разрезу. Единично встречаются обломки диатомей и фораминифер. Мощность 0,48 м. Образцы 9, 10.

**Слой 2б.** Песок мергелистый, желтовато-серый, мелкозернистый, глауконит-кварцевый с мелкими фосфоритовыми желваками, с мелкими ожелезненными ходами илоедов. От основания слоя фораминиферы встречаются постоянно. Мощность 0,63 м. Образцы 11–13.

Общая мощность пачки — 2,11 м.

**2. Карбонатная толща**

*2.1. Мергельная пачка*

**Слой 3.** Мергель желтовато-серый, глинистый, однородный, неслоистый с железистыми мелкими шариками (возможно точечное ожелезнение по ходам илоедов), с гнездами глауконит-кварцевого песка. Фораминиферы многочисленны. Мощность 1,65 м. Образцы 14–19.

**Слой 4.** Мергель светло-серый, плитчатый (с уровня обр. 26 появляются тонкие белые ходы илоедов). Мощность 2,22 м. Образцы 20–27.

**Слой 5.** Мергель серый или светло-серый, глинистый с обломочными зернами ожелезнения и силикатов, с многочисленными ходами илоедов, выполненными более светлым материалом. Мощность 1,41 м. Образцы 28–33.

Общая мощность пачки — 5,28 м.

*2.2. Карбонатно-глинистая пачка*

**Слой 6.** Глина табачно-зеленая, карбонатная, участками мергелеподобная, плотная с белесыми ходами илоедов. Мощность 0,54 м. Образцы 34–36.

Общая мощность сергеевской свиты 7,93 м.

Всего из свиты отобрано 34 образца.

**3. Глинистая толща**

*3.1. Пачка некарбонатных глин*

*Тишкинская свита (гипостратотип)*

Залегают на сергеевской свите с трансгрессивным, резко выраженным контактом, с окатышами глин в основании.

**Слой 7.** Глина некарбонатная, участками слабокарбонатная, коричневая (или бурая) с крупными ходами илоедов, выполненными зеленой некарбонатной глиной; гипс по трещинам. Мощность 0,47 м. Образец 37.

**Слой 8.** Переслаивание зеленых и красновато-коричневых некарбонатных глин. Мощность 0,3 м. Образцы 38, 39.

**Слой 9.** Переслаивание зеленых и коричневых некарбонатных глин. Прослойки коричневой глины постепенно вверх по разрезу уменьшаются по мощности и исчезают. В зеленых прослоях присутствуют белые очень мелкие шарики (менее 1 мм), возможно радиолярии. В препаратах на наннопланктон встречены немногочисленные радиолярии и спикулы. На уровне обр. 41 отмечается горизонт с мелкими пеллециподами. Мощность 0,74 м. Образцы 40–43.

**Слой 10.** Глины оливково-серые, восковидные, некарбонатные с белыми шариками менее 1 мм (возможно, радиолярии). На уровне обр. 47–50 встречены горизонтальные белые микрослои (2–4 мм) спонголитов (определение Э.П. Радио-

новой). На уровне обр. 54 также тонкий линзовидный прослой спонголита. Мощность 3,88 м. Образцы 44–58.

### 3.2. Пачка опоквидных глин

**Слой 11.** Глины опоквидные, оливково-зеленые; вверх по разрезу опоквидность возрастает (в верхней части при высыхании глины приобретают белесую окраску и липнут к языку). На уровне образцов 60–63 в препаратах присутствуют многочисленные спикулы, реже радиолярии. Мощность 5,29 м. Образцы 59–63.

**Слой 12.** Глины алевритистые, опоквидные с текстурой взмучивания. В препаратах присутствуют спикулы и радиолярии. Мощность 1,02 м. Образцы 64–67.

**Слой 13.** Глины некарбонатные, массивные, встречаются немногочисленные спикулы и радиолярии. Мощность 0,54 м. Образец 68.

**Слой 14.** Глины опоквидные, оливково-серые, неслоистые, оскольчатые. В препаратах присутствуют спикулы, радиолярии, редкие обломки диатомей. Мощность 1,11 м. Образцы 69–71.

**Слой 15.** Глины, аналогичные слою 14. Встречаются спикулы, обломки радиолярий и диатомей. Мощность 0,6 м. Образцы 72, 77, 78.

Из верхней части свиты отобрано 37 образцов.

## 4. Пачка диатомитов

### *Касьяновская свита*

**Слой 16–22.** С четким контактом, подчеркнутым 10-сантиметровым прослоем кремнистого глауконитового песчаника (алевролита) с пятнами ожелезнения и ходами илоедов, тишкинская свита перекрывается касьяновской свитой.

Она сложена в основании диатомовыми глинами с глауконитом, участками, в базальной части, очень слабо извест-

ковистыми, в середине — чистыми диатомитами и песчаными слабо ожелезненными глинами с незначительным содержанием диатомей и спикул в кровле. Мощность свиты 4,2 м.

Предположительный возраст — поздний эоцен [6].

## 5. Песчаная пачка

### *Кантемировская свита*

**Слой 23.** На касьяновской свите залегают глауконитово-кварцевые пески кантемировской свиты рюпельского яруса олигоцена, видимой мощностью около 1 м.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ НАННОПЛАНКТОНА

### Зональное подразделение разреза по наннопланктону

Проблема зональных подразделений по наннопланктону лютетско-бартонского интервала существует достаточно давно. Безусловно, что идеальную единую шкалу, способную удовлетворить запросы исследователей в разных регионах мира, разработать невозможно. Связано это с рядом объективных причин, таких как значительное различие в палеогеографических и фациальных условиях формирования отложений и развития морских бассейнов, недостаточность знаний об истинных диапазонах жизни тех или иных видов-индексов, используемых для выделения зон, кроме того существует еще целый ряд таксономических проблем. Подробный критический обзор «стандартных» зональных шкал по наннопланктону и возможность их применения приведены в работах [9, 12], также на рис. 3 показано, что наиболее приемлемой зональной шкалой для среднего эоцена в настоящее время является зональная шкала Agnini et al. [20]. Введены некоторые дополнительные уровни появления видов, которые хорошо про-

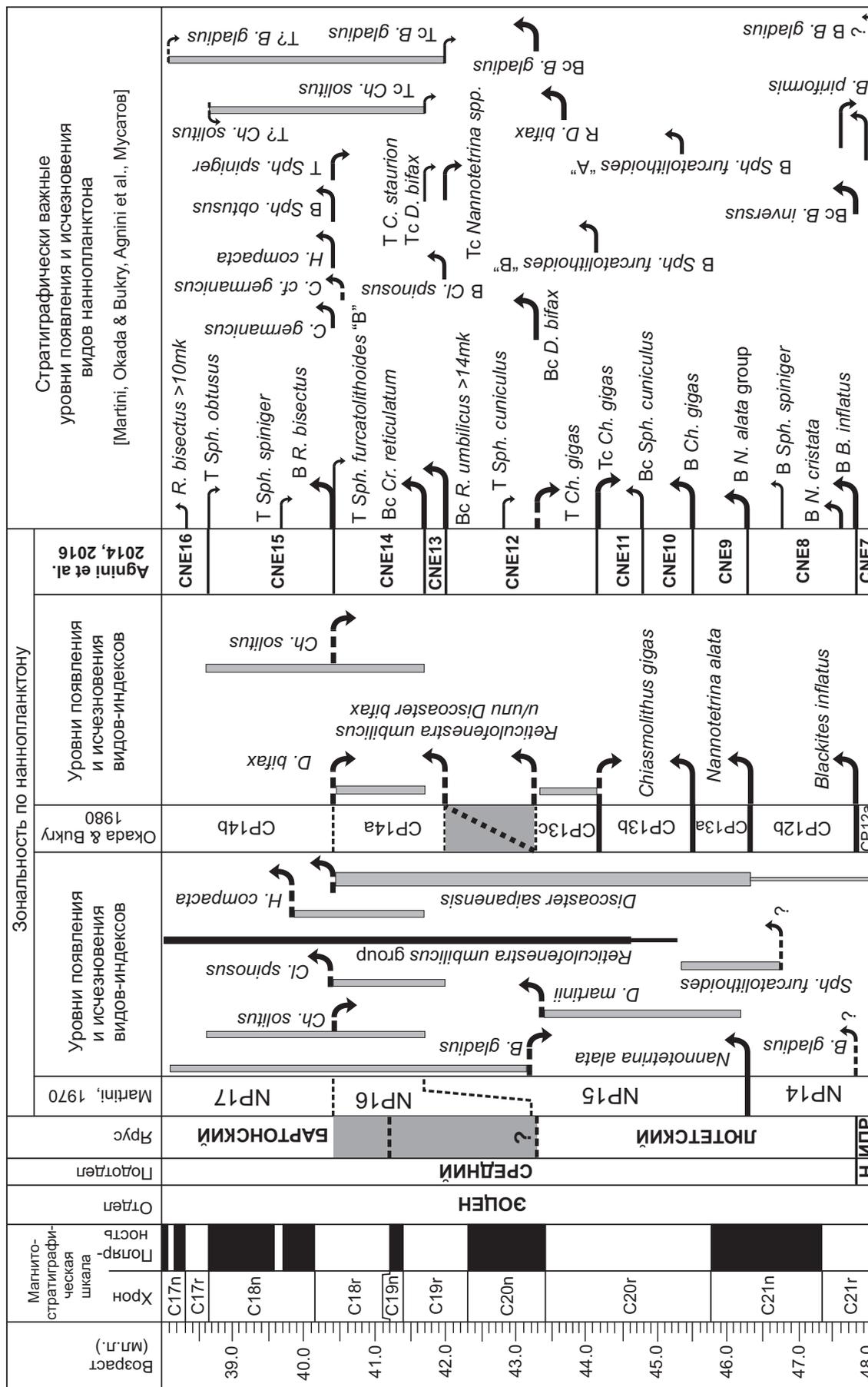


Рис. 3. Схема развития взглядов на зональное деление лютетского и бартонского ярусов и стратиграфически важные уровни по наннопланктону. Серые линии показывают неопределенное положение уровней исчезновения или появления видов

слеживаются как в разрезах Предкавказья и Крыма, так и на Русской платформе.

Предпринятое И. П. Табачниковой [6] изучение наннофоссилий из разреза Кантемировка наглядно показывает, что выделение более дробных, инфразональных подразделений, используя шкалу Мартини [25], сталкивается с рядом трудностей. Выделенные в рамках зоны NP16 слои с *Discoaster binodosus subsp. hirundinus*+*D. martini* и *Discoaster binodosus subsp. hirundinus* весьма проблематичны, т.к. не исключено, что вид *Discoaster binodosus subsp. hirundinus* Martini (1958) является синонимом вида *Discoaster nodifer* (Bramlette & Riedel, 1954) Bukry, 1973 [28], который обычен для комплексов зон NP14-NP22, что не позволяет использовать его в качестве инфразонального вида-индекса. Вид *Discoaster martinii* Stradner, 1959 распространен в более узком стратиграфическом интервале — от основания зоны NP15 до кровли зоны NP16, но данный вид встречается в комплексах достаточно редко и спорадически, что затрудняет его применение в качестве вида-индекса и не позволяет выйти на более дробное деление разрезов. Весьма интересен интервал, выделенный как акме *Chiasmolithus solitus*, отражающий этап значительного охлаждения бассейна и его регрессию, что подтверждается значительным снижением содержания CaCO<sub>3</sub> в породах данной части разреза (рис. 4). Этот уровень может быть весьма полезным при интерпретации палеогеографических условий развития бассейна. Его необходимо учитывать при детальном стратиграфическом исследовании и при корреляции удаленных разрезов. Резкое и почти полное исчезновение *Ch. solitus* из комплексов тишгинской свиты происходит на фоне общего снижения продуктивности наннопланктона до его полного от-

сутствия, что не позволяет принять данный уровень в качестве нижней границы зоны NP17, тем более что его редкие экземпляры встречаются и выше нижней границы тишгинской свиты. Кроме того, уже доказано, что уровень исчезновения *Ch. solitus* является диахронным и может проследиваться до середины зоны NP17 [20]. Аналогичные проблемы существуют и при использовании зональной шкалы Окада и Бакри [26].

Исходя из вышесказанного, задачей наших исследований стало детальное изучение комплексов наннопланктона с целью выявления стратиграфически важных уровней, позволяющих уверенно обосновать возраст выделяемых стратиграфических подразделений в разрезе "Кантемировка" и корректно коррелировать с одновозрастными стратонами южных, более карбонатных разрезов Ергеней и Предкавказья.

За основу при выделении зональных подразделений была принята наннопланктонная шкала Agnini et al. [20], хорошо себя зарекомендовавшая в аналогичных исследованиях разрезов по р.Хеу и р.Белая в Предкавказье [10, 11, 13], киевской свиты Украины [16] и Ергеней [7]. Распространение стратиграфически важных видов показано на рис. 3. Фотографии видов-индексов и видов, характерных для тех или иных зональных комплексов, показаны на Фототаблицах 1–3.

**Зона CNE12 *Nannotetrina* spp.** В авторском определении [20] зона выделяется как интервал от уровня исчезновения (Top) *Chiasmolithus gigas* до уровня обычного или частого присутствия в комплексе (Base common) *Reticulofenestra umbilicus* (>14 µm). В комментариях авторы указывают, что уровень исчезновения *Blackites gladius* расположен выше уровня появления *R. umbilicus* и исчезновения *Nannotetrina alata group*, не исключая

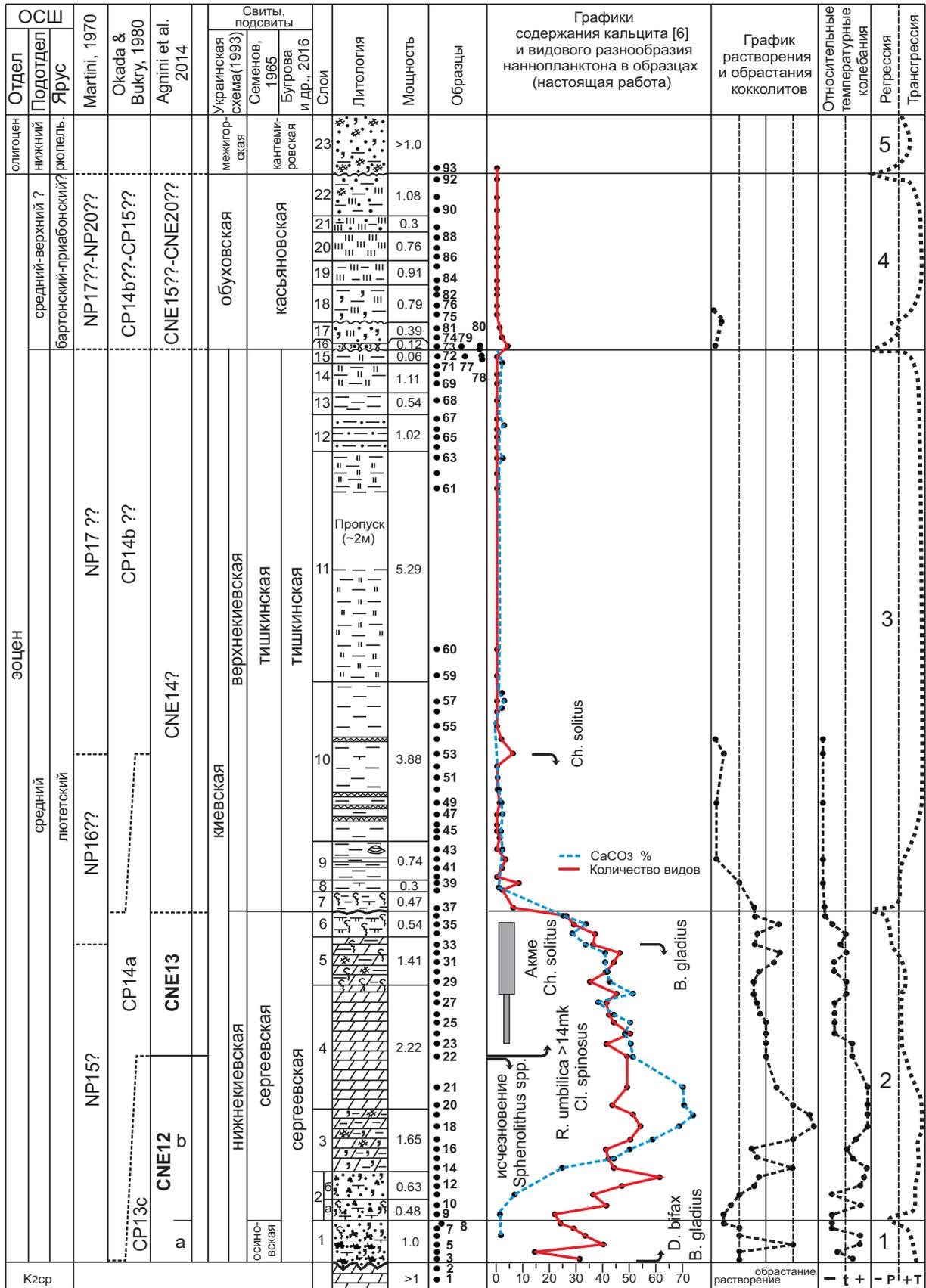


Рис.4. Графики содержания кальцита, видового разнообразия, степени сохранности кокколитов (растворение-обрастание) и результирующие графики относительного изменения температур и изменений уровня морского бассейна

возможности присутствия данного вида в комплексах зоны NP16, возможно, включая и подошву зоны NP17. Вид *Discoaster bifax* становится обычным и постоянно присутствует в комплексе зоны CNE12, одновременно с вымиранием *N. alata group* и *Sphenolithus cuniculus*. Уровень вымирания *D. bifax* находится между уровнем исчезновения *N. alata group* и уровнем обычного (многочисленного) содержания *R. umbilicus* (Perch-Nielsen 1985), то есть в пределах зоны CNE12.

Наши исследования разрезов Предкавказья [10, 13] и Кантемировки показывают несколько иной характер распределения указанных видов-индексов, что позволяет уточнить характеристику зональных комплексов и подтверждает возможность разделения зоны CNE12 на две подзоны — CNE12a и CNE12b.

**Подзона CNE12a** определяется как интервал от первого появления редких мелких форм *D. bifax* до уровня появления крупных экземпляров данного вида в значительном количестве (Base common). Вероятно, вблизи нижней границы подзоны почти полностью исчезает *Coccolithus gigas*, хотя отдельные экземпляры данного вида единично встречаются до уровня появления крупных *R. umbilicus* [13] и даже выше. В изученном разрезе подзона выделяется условно, так как комплекс наннопланктона весьма обеднен и отсутствуют более древние отложения. Она выделена в интервале образцов 3–7, отобранных из пачки слабоизвестковистых песков с фосфоритами. Как уже указывалось, данная пачка, возможно, выделялась в качестве росошанской подсвиты осиновской свиты [18].

Ассоциация представлена небольшим количеством видов (14–40), преимущественно мелкими и средними ретикулофенес-

трами, нередко встречаются *Chiasmolithus grandis*, *Ch. solitus*, вид *Coccolithus gigas* не обнаружен. Остальные виды, включая и *D. bifax*, присутствуют в небольшом количестве, очень редки сфенолиты, геликосферы, понтосферы. Редко, но постоянно присутствуют *Nannotetrina fulgens*, *N. cristata*, единично и нечасто встречается *B. gladius*, *D. martinii* и 4-лучевые *D. cf. martinii*. Сохранность кокколитов средняя или плохая за счет довольно сильного растворения.

**Подзона CNE12b** определяется как интервал от появления многочисленных крупных *D. bifax* и многочисленных *B. gladius* до появления в комплексах крупных *Reticulofenestra umbilicus* (>14 µm). Комплекс нижней части подзоны (обр.8–13), соответствующий пачке карбонатных песков, несколько обеднен, но становится заметным содержание крупных *D. bifax*. Отмечается значительное растворение кокколитов.

В мергельной части верхней половины подзоны (обр.14–22) в комплексе насчитывается от 43 до 61 вида, преобладают многочисленные мелкие ретикулофенестры, становятся достаточно многочисленными понтосферы, геликосферы, сфенолиты, дискоастеры, хиазмолиты, крупные *Coccolithus eopelagicus*. В верхней части подзоны заметно увеличивается содержание крупных форм из группы *Reticulofenestra wadeae-hillae*. Комплекс наннофоссилий достигает максимума видового разнообразия в обр.18 (61 вид), здесь же отмечается присутствие редких *Scyphosphaera expansa*. Исходя из опыта исследований разрезов Предкавказья, Прикаспия, Крыма, считаем, что виды из рода *Scyphosphaera* появляются в комплексах лишь при максимальных температурах морских вод и максимально широкой связи морских эпиконтинентальных бассейнов с океанами.

В кровельной части зоны значительно снижается содержание наннотетрин, но отдельные экземпляры *Nannotetrina cristata* встречаются и в вышезалегающих мергелях зоны CNE13. Вид *Nannotetrina fulgens* спорадически встречается в песчаной пачке и в мергельной, до середины зоны CNE13, последнее его присутствие отмечается в обр.27. Вид *Blackites gladius* присутствует в комплексе постоянно в достаточно большом количестве до уровня появления крупных *Reticulofenestra umbilicus* (>14 µm), выше он становится редким. Нечасто встречаются очень крупные *Pontosphaera hollisii*, в верхней части подзоны появляется *Peritrachelina joidesa*, единичные *Lithostromation perdurum* и *Daktylethra basilica*.

Кокколиты средней и хорошей сохранности, преимущественно со слабым и средним обрастанием, которое достигает максимума в обр.18. Отдельные кокколиты, особенно *Holodiscolithus solidus* и *Holodiscolithus macgorogus*, обрастают столь значительно, что полностью исчезает перфорация, и они превращаются в монолитные овальные пластинки. На этом же уровне появляются уродливые дискоастеры, так у шестилучевых *Discoaster strictus* иногда встречается непропорционально развитый седьмой луч.

**Зона CNE13** определяется как интервал от появления в комплексе крупных *Reticulofenestra umbilicus* (>14 µm) до появления *Reticulofenestra (Cribrocentrum) reticulata*.

Нижняя граница зоны уверенно определяется на уровне обр.22 по появлению крупных ретикулофенестр. Верхняя граница зоны не определена, т.к. вид-индекс *Reticulofenestra (Cribrocentrum) reticulata* не был обнаружен ни в одном образце.

Видовой состав комплекса наннопланктона претерпевает значительные изме-

нения, хотя основную роль, так же как и в зоне CNE12, продолжают играть мелкие ретикулофенестры.

В ассоциации появляются довольно многочисленные крупные *Reticulofenestra umbilicus* (>14 µm), *Daktylethra punctulata*, *Clathrolithus spinosus* Martini. Достаточно многочисленными становятся *Clathrolithus ellipticus* Defl., *Blackites spinosus*, *Orthozygus aureus*, *Pontosphaera multipora*. Резко снижается содержание тепловодных родов — геликосфер, сфенолитов, дискоастеров. Продуктивность *D. bifax*, *Blackites gladius*, *Nannotetrina cristata*, *N. fulgens* так же снижается. Полностью исчезают из комплекса *N. cristata* в обр.27, *Blackites gladius* — в обр.33, *N. fulgens* в обр.34.

В верхней части зоны (обр.28–33) отмечается резкое увеличение содержания *Ch. solitus*, которое можно обозначить как акме (до 6–10 экземпляров в поле зрения), на аналогичное массовое развитие этого вида обращается внимание И.П. Табачникова [6]. Выше обр.33 комплексы наннопланктона становятся еще более обедненными.

**Зона CNE14?** выделена условно, вид-индекс *Reticulofenestra (Cribrocentrum) reticulata* не обнаружен ни в одном из образцов, отобранных из тишкинской свиты, но присутствие единичных *Ch. solitus* на фоне почти полного отсутствия наннопланктона позволяет сделать предположение о возможной принадлежности свиты к зоне CNE14.

Из нижней части толщи глин выделена небогатая ассоциация, включающая единичные экземпляры мелких ретикулофенестр, *Reticulofenestra umbilicus* (>14 µm), *R. wadae-hillae*, *Ch. solitus*, *Coccolithus formosus*, *C. pelagicus*. Выше, в отдельных образцах встречаются эти же виды, но в еще меньшем количестве. Сохранность

кокколитов средняя и плохая, практически все несут следы растворения.

**Зона CNE15?** выделена так же условно. В обр.81 встречен один экземпляр плохой сохранности вида-индекса *Reticulofenestra bisecta*, в обр.73, 80, 81 — единичные экземпляры мелких ретикулофенестр, *Coccolithus formosus*, *C. pelagicus*, *R. wadae-hillae*. Состав комплекса не позволяет определить зональную принадлежность диатомитов касьяновской свиты точнее, чем CNE15??-CNE20??. Исходя из стратиграфического положения свиты и данных по диатомеям и силикофлагеллятам [6], имеется большая вероятность того, что касьяновская свита может соответствовать зоне CNE15.

В песках касьяновской свиты наннопланктон не обнаружен.

### УСЛОВИЯ ОСАДКОАКОПЛЕНИЯ

Анализ видового и количественного состава комплексов наннопланктона, продуктивности тепловодных и холодноводных видов, степень растворения и обрастания, в совокупности с литологическим составом слоев, слагающих разрез Кантемировка, позволяет сделать некоторые выводы об условиях их формирования, истории развития, в том числе и о температурных режимах морского палеобассейна (рис. 5).

Очень важные данные по содержанию  $\text{CaCO}_3$  (рис. 3) приведены в работе [6]. Они хорошо согласуются с результатами исследования наннопланктона. К сожалению, карбонатометрия проведена не по всем образцам, особенно это касается нижней, песчаной пачки, где отчетливо проявились четыре пика на графике содержания видов наннопланктона (обр.3, 5, 10, 13), нет данных по касьяновской и кантемировской свитам.

На графике хорошо заметно деление разреза на несколько характерных пачек:

1. Карбонатно-песчано-глинисто-фосфоритовая — слои 1–2;
2. Карбонатная:
  - 2.1. Мергельная нижняя — слой 3 и нижняя половина слоя 4;
  - 2.2. Мергельная верхняя — верхняя половина слоя 4 — слой 5;
  - 2.3. Карбонатно-глинистая — слой 6
3. Глинистая — слои 7–15, практически бескарбонатная. Очень незначительное содержание карбонатов в основании и в нескольких образцах в средней части. В верхней части пачки, судя по результатам карбонатометрии и изучения наннопланктона, карбонатность очень слабая.
4. Диатомитовая — слои 16–22, практически бескарбонатная, с незначительным содержанием карбонатов в подошвенной части (по результатам исследования наннопланктона).
5. Песчаная некарбонатная (по результатам исследования наннопланктона).

Наибольшее содержание  $\text{CaCO}_3$  (до 74,3%) наблюдается в мергельной части, соответствующей слою 3 и нижней части слоя 4. С образца 22, отобранного в середине слоя 4, отмечается резкое снижение содержания карбонатов (до 48–50%), в слоях 5–6 карбонатность постепенно снижается до 25%, что соответствует известковистым глинам.

Сопоставление результатов содержания кальцита с качественным и количественным составом комплексов наннофоссилий, морфологическим обликом видов, количественным содержанием тепловодных и холодноводных видов и их сохранностью (обрастание-растворение) позволило сделать ряд важных выводов.

Графики содержания кальцита и видового разнообразия в целом в значительной степени совпадают, что интерпретируется нами как прямая зависимость содержания

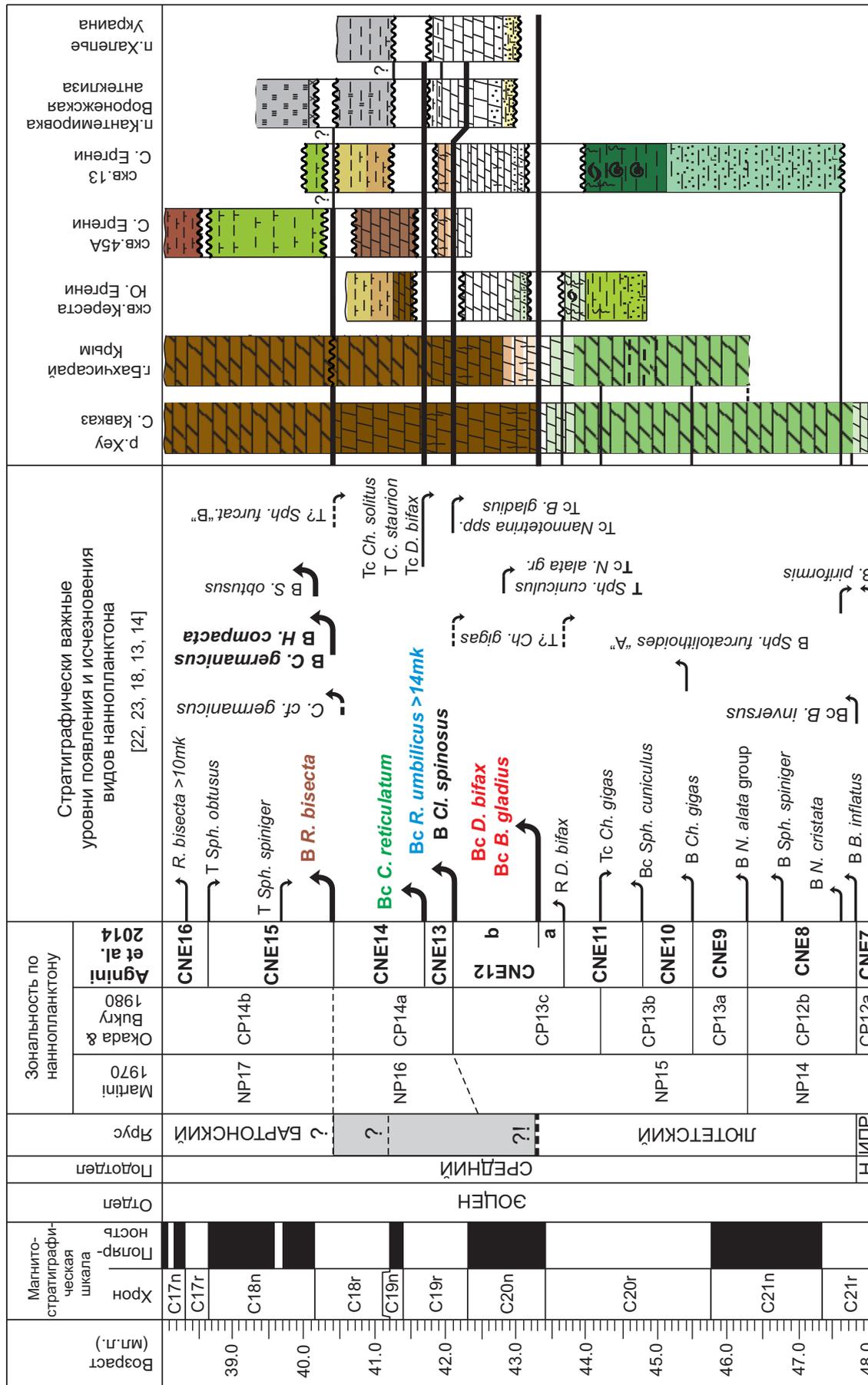


Рис. 5. Корреляция разреза "Кантемировка" с разрезами Предкавказья, Крыма, Северных и Южных Ергеней и парастратотипом киевской свиты Украины

кальцита от продуктивности микробиоты с карбонатным типом скелета. График, на котором показана относительная степень растворения и обрастания кокколитов, также показывает значительную сходимости, и его максимумы интерпретируются как периоды значительного потепления и максимума трансгрессии.

Таким образом, отчетливо выделяются несколько этапов развития бассейна.

1. Регрессивный этап, соответствующий формированию слоя 1. Наблюдается довольно богатый комплекс наннопланктона, характеризующийся высокой степенью обрастания кокколитов и незначительным присутствием тепловодных видов. Вероятнее всего, формирование карбонатных песков с фосфоритами происходило в краевых частях мелководного морского бассейна в его регрессивную стадию, но с достаточно высокими температурами морских вод.
2. Трансгрессивно-регрессивный цикл, соответствующий формированию слоев 2–6 сергеевской свиты. Хорошо выражены максимум трансгрессии и максимум температур в средней части этапа (слой 3 и нижняя часть слоя 4). Верхняя часть слоя 4, слои 5 и 6 соответствуют постепенной регрессии пульсирующего характера с постепенным и пульсирующим снижением температуры.
3. Трансгрессивный этап, соответствующий формированию слоев 7–15 тишкинской свиты. Характер бассейна кардинально меняется. Формируются глинистые осадки с почти полным отсутствием карбонатного планктона. Из организмов с кремнистым скелетом встречаются многочисленные спикулы губок, радиоларии и редко — диатомеи. Формирование такого типа отложений связывается

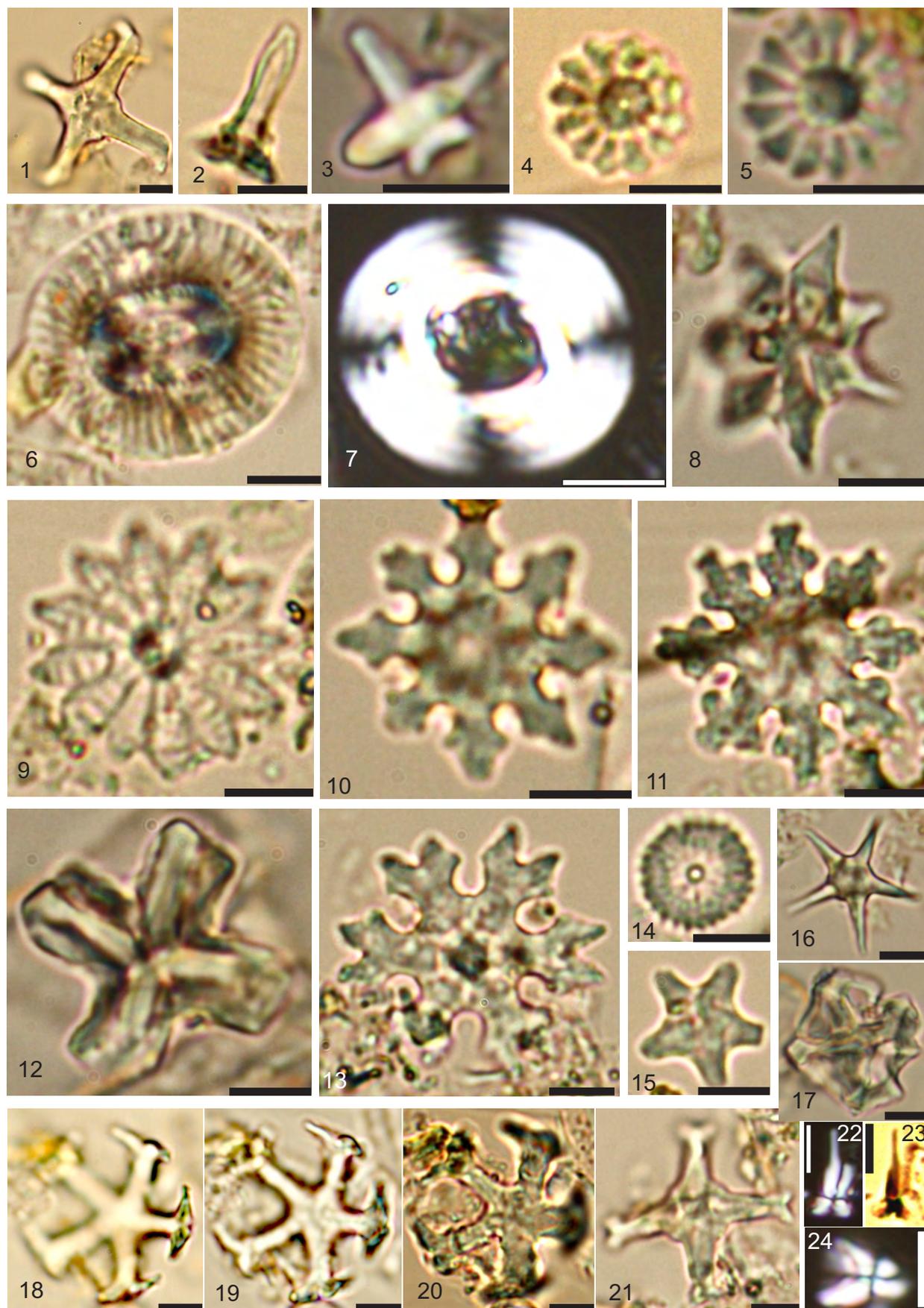
нами с возможной крупной трансгрессией, приведшей к возникновению сообщения южного бассейна с северными морями и значительным притоком холодных морских вод.

4. Трансгрессивно-регрессивный цикл, соответствующий слоям 16–22. Новая трансгрессия характеризуется достаточно высокими температурами, что отражается в появлении тепловодных диатомей [6] и накоплению пачки диатомитов касьяновской свиты.
5. Трансгрессивный этап, соответствующий слою 23 кантемировской свиты. Бассейн характеризовался как весьма мелководный.

### КОРРЕЛЯЦИЯ С ЮЖНЫМИ РАЗРЕЗАМИ

Мергельный пласт сергеевской свиты является очень заметным реперным горизонтом среди практически бескарбонатных отложений среднего эоцена на огромной территории Воронежской антеклизы, а также Северных и Южных Ергеней, где он выделяется в качестве керестинской свиты. Вопрос о точной возрастной принадлежности указанных свит к одному и тому же уровню общей шкалы палеогена и их корреляции с разрезами Предкавказья и Крыма фактически не решен и до настоящего времени, несмотря на ряд работ, в которых отнесение мергельной пачки к зоне *D. bifax* особого сомнения не вызывало [2, 15]. В последние годы опубликован ряд работ [1, 3, 6, 7, 10, 13, 14, 16], где приводятся результаты комплексного исследования фораминифер, диноцист, наннопланктона и диатомей из ряда разрезов, в которых обоснован возраст керестинской свиты и ее возрастных аналогов и проведена корреляция северных и южных разрезов. Разрез Кантемировка изучен достаточно подробно, но, как указывалось

Фототаблица 1. Шкала - 5 мк



## Фототаблица 1

Образец 3.

1. *Discoaster cf. martinii* Stradner
2. *Blackites gladius* (Locker) Varol
3. *Discoaster bifax* Bukry

Образец 5.

4. *Discoaster bifax* Bukry
5. *Discoaster bifax* Bukry
6. *Coccolithus staurion* Bramlette & Sullivan
7. *Reticulofenestra umbilicus* group < 14mk
8. *Discoaster saipanensis* Bramlette & Riedel

Образец 6.

9. *Discoaster elegans* Bramlette & Sullivan
10. *Discoaster binodosus* Martini,
11. *Discoaster binodosus subsp. hirundinus* Martini
12. *Nannotetrina alata* (Martini) Haq and Lohmann
14. *Discoaster wemmelensis* Achuthan & Stradner

Образец 7.

15. *Discoaster tanii* Bramlette & Riedel

Образец 10.

13. *Discoaster gemmifer* Stradner
16. *Discoaster strictus* Stradner
17. *Nannotetrina cristata* (Martini) Perch-Nielsen
- 18, 19, 20. *Discoaster martinii* Stradner
21. *Discoaster cf. martinii* Stradner
- 22, 23. *Sphenolithus furcatolithoides* Locker
24. *Sphenolithus spiniger* Bukry

выше, для его зонального деления использовалась шкала Е. Мартини, не позволяющая провести корреляцию разрезов с достаточной точностью.

Результаты исследования наннопланктона, приведенные в настоящей работе, позволяют уточнить положение сергеевской свиты в шкале палеогена, а также достаточно уверенно скоррелировать разрез Кантемировка с разрезами Предкавказья и Крыма (рис. 5). В значительной степени этому способствовала новая зональная шкала, разработанная С. Agnini с коллегами [20]. Детальное изучение комплексов наннопланктона из разрезов Предкавказья, Крыма, Ергеней привело к уточнению ряда уровней появления некоторых видов, что позволило использовать их в качестве видов-индексов, уточняющих возрастную принадлежность мергельной пачки сергеевской свиты и ее корреляцию с разрезами Украины и южными преимущественно карбонатными разрезами.

Слой 1 в разрезе Кантемировка может быть условно сопоставлен с самой верхней частью «керестинской» свиты Предкавказья [13], где вид *D. bifax* встречается очень редко и условно может быть отнесен к нижней части зоны CNE12.

Уровень появления многочисленных *D. bifax* и *B. gladius* однозначно приурочен к основанию кумской свиты Предкавказья [4, 9, 10, 11, 13, 17, 24] и Крыма [9, 21], основанию керестинской свиты Ергеней [1, 3, 7, 10, 14, 15], основанию мергельной пачки нижнекиевской подсвиты Украины (разрез Халепье) [16] и сергеевской свиты разреза Кантемировка. Это послужило поводом для выделения зоны CNE12.

Уровень появления многочисленных крупных *R. umbilica* >14mk наблюдается в нескольких метрах выше подошвы кумской свиты Предкавказья [13] и Крыма

(неопубликованные данные автора), в кровельной части керестинской свиты Ергеней (скв.45А) [7], в средней части мергельной пачки нижнекиевской подсвиты Украины [16] и в середине мергельной пачки сергеевской свиты разреза Кантемировка. К этому же уровню приурочено появление *Clathrolithus spinosus* Martini 1961. Следует подчеркнуть, что данный вид не отождествляется нами с видом *Clathrolithus ellipticus* Deflandre in Deflandre & Fert, 1954 [28]. Мы считаем его самостоятельным видом, появляющимся строго на определенном уровне, совместно с крупными *R. umbilica* >14mk, возможно отмечающими начало похолодания. Полученные результаты позволяют выделить основание зоны CNE13.

С этим же уровнем связано резкое уменьшение численности *D. bifax* и *B. gladius*, почти полностью исчезают наннотетрины. Это подтверждает правильность возрастного определения данной толщи сергеевской свиты.

Верхняя граница зоны CNE13 проведена условно по кровле мергелей сергеевской свиты, т.к. вышележащая толща глинисткой свиты почти полностью лишена наннопланктона. Как указывалось выше, присутствие редких экземпляров *Ch. solitus* позволяет с некоторой долей уверенности отнести данную толщу к зоне CNE14 и коррелировать ее со средней частью кумской свиты Предкавказья [10, 13] и Крыма и с нижнесолонской подсвитой Ергеней [1, 7, 14, 15]. Не исключено, что она соответствует и верхнекиевской подсвите Украины [16].

Таким образом, сергеевская свита в разрезе Кантемировка уверенно сопоставляется с нижней частью кумской свиты Предкавказья и Крыма, нижнекиевской подсвитой Украины и керестинской свитой Ергеней.

«Керестинская» свита Предкавказья залегает ниже кумской свиты и не является

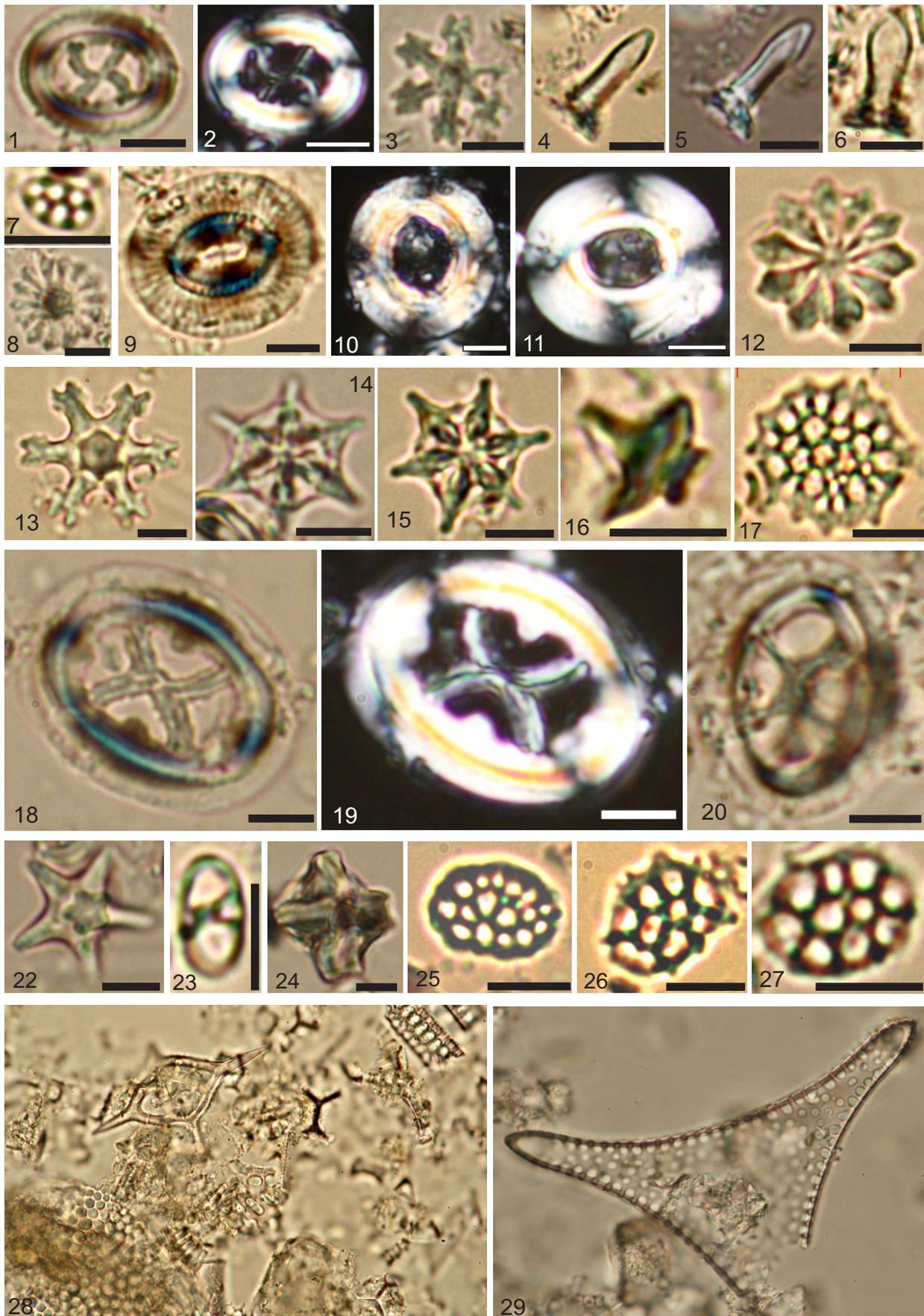
Фототаблица 2.

- Образец 11.  
 1. *Discoaster tanii* Bramlette & Riedel  
 2, 3. *Nannotetrina cristata* (Martini) Perch-Nielsen
- Образец 13.  
 4. *Blackites rotundus* Bown  
 5. *Holodiscolithus macroporus* (Deflandre in Deflandre & Fert) Roth  
 6. *Chiasmolithus solitus* (Bramlette and Sullivan) Locker,  
 7. *Sphenolithus furcatolithoides* Locker
- Образец 14.  
 8, 9, 10, 11. *Sphenolithus furcatolithoides* Locker  
 13. *Reticulofenestra hillae* Bukry & Percival - *Reticulofenestra wadeae* Bown, 2005
- Образец 16.  
 12. *Blackites gladius* (Locker) Varol
- Образец 17.  
 14. *Discoaster strictus* Stradner  
 18. *Discoaster saipanensis* Bramlette & Riedel
- Образец 18.  
 17, 18. *Lithostromation perdurum* Deflandre  
 19, 20, 21. *Pontosphaera formosa* (Bukry & Bramlette) Romein  
 22. *Holodiscolithus solidus* (Deflandre in Deflandre & Fert) Roth – средняя степень обрастания  
 24. *Holodiscolithus macroporus* (Deflandre in Deflandre & Fert) Roth – средняя степень обрастания
- Образец 20.  
 25. *Peritrachelina joidesa* Bukry & Bramlette,  
 26. *Daktylethra punctulata* Gartner in Gartner & Bukry  
 27. *Sphenolithus furcatolithoides* Locker  
 28. *Nannotetrina fulgens* (Stradner) Achuthan and Stradner
- Образец 22.  
 23. *Holodiscolithus solidus* (Deflandre in Deflandre & Fert) Roth  
 29. *Orthozygus aureus* (Stradner, 1962) Bramlette & Wilcoxon  
 30. *Neococcolithes minutus* (Perch-Nielsen) Perch-Nielsen  
 31. *Clathrolithus spinosus* Martini  
 32. *Reticulofenestra umbilicus* (Levin) Martini & Ritzkowski >14mk  
 33. *Nannotetrina alata* (Martini) Haq and Lohmann

Фототаблица 2. Шкала - 5 мк



Фототаблица 3. Шкала - 5 мк



## Фототаблица 3.

Образец 22.

25. *Clathrolithus ellipticus* Deflandre in Deflandre & Fert

Образец 24.

26. *Clathrolithus ellipticus* Deflandre in Deflandre & Fert

Образец 25

1. *Chiasmolithus solitus* (Bramlette and Sullivan) Locker2. *Chiasmolithus solitus* (Bramlette and Sullivan) Locker, поляризованный свет3. *Discoaster distinctus* Martini,4. *Blackites gladius* (Locker) Varol5. *Blackites gladius* (Locker) Varol, поляризованный свет6. *Blackites rotundus* Bown7. *Holodiscolithus solidus* (Deflandre in Deflandre & Fert) Roth9. *Coccolithus staurion* Bramlette & Sullivan10. *Reticulofenestra umbilicus* (Levin) Martini & Ritzkowski >15mk11. *Reticulofenestra umbilicus* (Levin) Martini & Ritzkowski >15mk, поляризованный свет18, 19 *Chiasmolithus grandis* (Bramlette & Riedel, 1954) Radomski,20. *Chiasmolithus expansus* (Bramlette and Sullivan) Gartner

Образец 27

22. *Discoaster tanii* Bramlette & Riedel,23. *Neococcolithes nudus* Perch-Nielsen24. *Nannotetrina cristata* (Martini) Perch-Nielsen

Образец 28

17. *Clathrolithus spinosus* Martini

Образец 29

8. *Discoaster bifax* Bukry

Образец 32

12. *Discoaster barbadiensis* Tan13. *Discoaster distinctus* Martini

Образец 33

14, 15. *Lithostromation simplex* (Klumpp) Bybell

Образец 36

16. *Discoaster bifax* Bukry

Образец 86

28, 29. Диатомит

возрастным аналогом керестинской свиты Ергеней, на что указывалось еще в 1964 г. Г.П. Леоновым и В.П. Алимариной [8], которые сопоставляли керестинскую свиту Ергеней с нижней частью кумской свиты. Сергеевская свита Воронежской антеклизы автором [18] сопоставлялась с нижнекиевской подсвитой Украины, керестинской свитой Ергеней и нижней частью кумской свиты Северного Кавказа. В настоящее время доказано, что белые мергели в стратотипе свиты соответствуют верхней половине зоны CNE12, а перекрываются коричневыми мергелями зоны CNE14. Данный вопрос рассматривался нами ранее [10, 11, 13, 14, 15].

Пачка глин тишкинской свиты из-за весьма обедненного комплекса наннопланктона и отсутствия видов-индексов коррелируется, в основном, по стратиграфическому положению, литологическому сходству и присутствию многочисленных спикул, радиолярий и диатомей с пачкой зеленоватых кремнистых глин солонской свиты Ергеней, соответствующей зоне CNE14 [13, 14, 15], выделенной по появлению в комплексе многочисленных *Cr. reticulatum*, и пачкой коричневых мергелей средней части кумской свиты Предкавказья и Крыма [11, 13].

Обнаружение в обр.81 в основании касыяновской свиты единичного экземпляра *D. bisectus* не дает основания для уверенного датирования данных отложений, но все же позволяет предположить, что данная часть разреза не может быть древнее основания зоны CNE15 и вполне может соответствовать верхней части кумской свиты Предкавказья, что не исключает ее отнесение и к отложениям позднего эоцена.

## ВЫВОДЫ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Детальные исследования позволили выделить ряд зональных подразделений по известковому наннопланктону. Наиболее

корректной для стратиграфических построений оказалась зональная шкала, разработанная С. Agnini с коллегами [20]. Выявленные уровни появления в комплексах легко идентифицируемых видов-индексов позволяют провести корреляцию изученных разрезов с достаточной уверенностью и непротиворечивостью.

Сергеевская свита разреза Кантемировка является возрастным аналогом нижнекиевской подсвиты Украины, керестинской свиты Ергеней и нижней части кумской свиты Предкавказья и Крыма. Белые мергели (кокколитовые илы) отлагались в относительно мелководных условиях с нормальным окислительным газовым режимом в придонной части, в отличие от коричневых битуминозных мергелей кумской свиты, сформировавшихся в глубоководной части бассейна с аноксическим придонным режимом.

Нет сомнений в том, что формирование карбонатных отложений, фактически кокколитового мела керестинской, сергеевской и кумской свит, происходило вследствие значительного потепления и развития мощнейшей трансгрессии, вероятно, одной из самых крупных за всю историю развития среднеэоценовых морских бассейнов на европейской части России. На графике изменений изотопов кислорода и углерода, предложенном Zachos [22, 23, 29, 30], началу данной трансгрессии может соответствовать лишь один возрастной интервал ~43,0–43,3 млн л. В нем наблюдается значительный экскурс изотопов, отмечающий начало длительного и сложного этапа потепления, достигающего максимума на уровне ~40,0–40,2 млн л., выделяемого как событие среднеэоценового климатического оптимума (MECO). Не исключено, что массовое развитие тепловодного комплекса диатомей каस्याновской свиты связано именно

с уровнем значительного потепления, так называемым среднеэоценовым климатическим оптимумом (MECO), который правильнее было бы называть среднеэоценовым климатическим максимумом.

Данный уровень приурочен к уровню появления *R. bisecta*, что соответствует верхней части кумской свиты Предкавказья [9, 10, 11, 13, 24], основанию верхнесолонской свиты Ергеней [7, 10, 11, 14, 15], что хорошо согласуется с аналогичным уровнем в разрезе Alano на северо-востоке Италии [19]. Кроме того, можно предположить, что уровень появления *C. reticulatum* соответствует так называемому позднеэоценовому потеплению, отмечаемому на уровне хрона C19n [27].

Уровень начала развития (~43,0–43,3 млн л.) крупной трансгрессии предложен в качестве одного из вероятных претендентов для проведения нижней границы бартонского яруса [11, 13], которому в полном объеме будет соответствовать кумская свита Предкавказья и Крыма. Аналогичное предложение было высказано и Э. М. Бугровой [5].

Исходя из полученных результатов исследования наннопланктона, считаем, что сергеевская свита Воронежской антеклизы, согласно современной стратиграфической шкале (GTS-2012), сопоставляется с верхней частью лютетского яруса среднего эоцена, однако в случае проведения нижней границы бартонского яруса на уровне ~43,0–43,3 млн л. ее нижняя граница будет являться основанием бартонского яруса Русской платформы.

Возраст тишкинской свиты определяется по обедненному комплексу наннопланктона, стратиграфическому положению в разрезе и корреляции с сопредельными территориями как позднеэоценовый. Не исключено, что получение новой палеонтологической информации, в частности по

динофлагеллятам, приведет к пересмотру ее возрастной принадлежности.

С точки зрения получения новых результатов, которые могут уточнить стратиграфическую шкалу палеогеновых отложений Воронежской антеклизы, разрез Кантемировка является уникальным по многим параметрам, в том числе и по палеонтологическим, так как некоторые пале-

онтологические группы изучены недостаточно либо не изучены совсем, а палеомагнитные и геохимические исследования не проводились. Все это позволяет надеяться на получение в дальнейшем интересных результатов, уточняющих как возраст выделяемых стратиграфических подразделений, так и историю развития эоценовых бассейнов Русской платформы.

#### Л и т е р а т у р а

1. Александрова Г.Н., Беньямовский В.Н., Запорожец Н.И., Застрожных А.С., Застрожных С.И., Табачникова И.П., Орешкина Т.В., Закревская Е.Ю. Палеоген юго-запада Волгоградской области (скв. 13, Гремячинская площадь). Статья 1. Биостратиграфия // Стратиграфия. Геологическая корреляция. – 2011. – т. 19. – № 3. – с. 70–95
2. Беньямовский В.Н., Музылев Н.Г., Орешкина Т.В., Радионова Э.П., Хохлова И.А., Застрожных А.С., Мусатов В.А. Проблемы стратиграфии среднего-верхнего эоцена Русской платформы // Бюллетень РМСК по Центру и Югу Русской платформы. Вып. II. – 1993. – С. 128–134.
3. Беньямовский В.Н. Горизонты, планктонные фораминиферы и седиментологические, палеогеографические, палеоклиматические события палеоцена-эоцена Крымско-Кавказской области Центрально-Евразийской периферии Тетиса // Современная микропалеонтология. Сборник трудов XVI Всероссийского микропалеонтологического совещания. – Калининград, 2015. – С. 173–177.
4. Бугрова Э.М., Николаева И.А., Панова Л.А., Табачникова И.П. К зональному делению палеогена юга СССР // Советская геология. – 1988. – № 4. – С. 96–107.
5. Бугрова Э.М. Проблемы проведения границ подразделений МСШ при обновлении региональных стратиграфических схем палеогена России и СНГ // Сборник конференции «Общая стратиграфическая шкала России». – Москва, 2013 (23–25 мая 2013 г.).
6. Бугрова Э.М., Беньямовский В.Н., Табачникова И.П. и др. Опорный разрез Кантемировка палеогена Воронежского региона // Стратиграфия. Геологическая корреляция. – 2016. – т. 24. – № 6. – С. 78–100.
7. Застрожных А.С., Попов С.В., Беньямовский В.Н., Мусатов В.А. и др. Опорный разрез олигоцена юга Восточно-Европейской платформы (Северных Ергеней) // Стратиграфия. Геологическая корреляция. – 2019. – Т. 27. – № 4. – С. 59–92.
8. Леонов Г.П., Алимарина В.П. Вопросы стратиграфии нижнепалеогеновых отложений северо-западного Кавказа. – М.: Изд-во Московского университета, 1964. – 202 с.
9. Музылев Н.Г. Стратиграфия палеогена Юга СССР по наннопланктону // Труды ГИН АН СССР. Вып. 348. – М.: Наука, 1980. – 94 с.
10. Мусатов В.А. «Керестинская» свита в разрезе по р.Хеу. Результаты исследования наннопланктона и корреляция со стратотипом керестинской свиты в Южных Ергенях // Интегративная палеонтология: перспективы развития для геологических целей. Материалы LXIII сессии Палеонтологического общества при РАН (3–7 апреля 2017 г., Санкт-Петербург). – Санкт-Петербург, 2017. – С. 97–99.
11. Мусатов В.А., Богачкин А.Б. Граница лютетского и бартонского ярусов, проблемы и критерии нахождения точки глобального стратотипа // Палеострат-2018. Тезисы докладов. – М.: ПИН РАН, 2018. – С. 42–43.
12. Мусатов В.А., Богачкин А.Б. Бартонский ярус среднего эоцена Европейской части России. Стратиграфический объем и критерии определения границ. Статья 1. Пределы точности зональной стратиграфии лютетско-бартонского интервала по наннопланктону и возраст бартонских слоев Англии // Недра Поволжья и Прикаспия. – 2019. – Вып.98. – С. 3–24.
13. Мусатов В.А., Богачкин А.Б. Бартонский ярус среднего эоцена Европейской части России. Стратиграфический объем и критерии определения границ. Статья 2. Детальная зональная стра-

тиграфия лютетско-бартоновского интервала по наннопланктону и палеомагнитная характеристика разрезов Предкавказья// Недр Поволжья и Прикаспия.– 2019.– Вып.98.– С. 3–24.

14. Мусатов В. А., Васильева О. Н. Музылев Н. Г., Результаты исследования наннопланктона и диноцист из неостратотипа керестинской свиты в Южных Ергенях // ПАЛЕОСТРАТ-2014. Годичное собрание (научная конференция) секции палеонтологии МОИП и Московского отделения Палеонтологического общества при РАН. (Москва, 27–29 января 2014 г.)/ под ред. А. С. Алексеева.– М.: Палеонтологический ин-т им. А. А. Борисяка РАН, 2014.– С. 53–54.

15. Мусатов В. А., Мусатова О. Л., Музылев Н. Г. Солонская свита Ергеней, как аналог кумской свиты южных регионов. История геологического развития бартоновского морского бассейна // Материалы второй региональной научно-практической стратиграфической конференции «Фанерозой Волго-Уральской, Прикаспийской и Северо-Кавказской нефтегазоносных провинций: стратиграфия, литология, палеонтология».– Саратов: Изд-во «Научная книга», 2004.– С. 76–79.

16. Мусатов В. А., Рябоконт Т. С. Распределение наннофоссилий и фораминифер в опорном разрезе киевской свиты с.Халепье (Киевское Приднепровье, Украина) // 40 лет Палеонтологическому обществу Украины: материалы XXXVIII сессии Палеонтологического общества НАН Украины (Канев, 23–26 мая 2017 г.). -Киев, 2017.– С. 117–119.

17. Попов С. В. Табачникова И. П., Пинчук Т. Н., Ахметьев М. А., Запорожец Н. И. Опорный разрез эоцена р.Белая, Адыгея, Западное Предкавказье // Стратиграфия. Геологическая корреляция.– 2018.– Т. 26.– № 6.– С. 65–79

18. Семенов В. П. Палеоген Воронежской антеклизы.– Воронеж: Изд-во Воронежского университета.– 1965.– 280с.

19. Agnini C., Fornaciari E., Giusberti L., Grandesso P., Lanci L., Luciani V., Muttoni G., Pälike H., Rio D., Spofforth D. J. A., Stefani C. Integrated biomagnetostratigraphy of the Alano section (NE Italy): A proposal for defining the middle-late Eocene boundary // Geological Society of America Bulletin.– 2011.– v. 123.– no. 5/6.– P. 841–872. doi: 10.1130/B30158.1

20. Agnini C., Fornaciari E., Raffi I., Catanzariti R., Pälike H., Backman J., Rio D. Biozonation and biochronology of Paleogene calcareous nannofossils from low and middle latitudes // Newsletters on Stratigraphy.– 47.– 2014.– P. 131–181.

21. Beniamovski V. N., Alekseev A. S., Ovechkin M. N., Oberhänsli H. Middle to upper Eocene dysoxic-anoxic Kuma Formation (northeast Peri-Tethys): Biostratigraphy and paleoenvironments // in Wing S. L., Gingerich P. D., Schmitz B., Thomas E. eds. Causes and Consequences of Globally Warm Climates in the Early Paleogene: Boulder Colorado// Geological Society of America.– 2003.– Special Paper 369.– P. 95–112.

22. Bohaty S. M., Zachos J. C. Significant Southern Ocean warming event in the late middle Eocene // Geology, 2003.– v. 31.– № 11.– P. 1017–1020.

23. Bohaty S. M., Zachos J. C., Florindo F., Delaney M. L. Coupled greenhouse warming and deep-sea acidification in the middle Eocene // Paleoclimatology.– 2009.– 24.– P. 1–16.

24. Gavrilov Y. O., Shcherbinina E. A., Muzylov N. G. A Paleogene sequence in central north Caucasus: a response to paleoenvironmental changes // GFF122.– 2000.– P. 51–53.

25. Martini, E., (1971) Standard tertiary and quaternary calcareous nannoplankton zonation. In: Farinacci, A. (Editor) Proceedings of the second planktonic conference (Rome, 1970).– Rome.– P. 737–785.

26. Okada, H. & Bukry, D. (1980) Supplementary modification and introduction of code numbers to the low-latitude coccolith biostratigraphic zonation (Bukry, 1973; 1975)// Marine Micropaleontology 5.-P. 321–325.

27. Westerhold T., Röhl U., Donner B., Frederichs T., Kordesch W. E. C., Bohaty S. M., Zeebe R. E. Late Lutetian Thermal Maximum – Crossing a thermal threshold in Earth’s climate system? // Geochemistry, Geophysics, Geosystems, 2017.– № 3 19.– P. 1–10. doi.org/10.1002/2017GC007240

28. Young J. R., Bown P. R., Lees J. A. (eds) Nannotax3 website. International Nannoplankton Association. 21 Apr. 2017.– URL: <http://ina.tmsoc.org/Nannotax3>

29. Zachos J. C., Dickens G. R., Zeebe R. E. An early Cenozoic perspective on greenhouse warming and carbon-cycle dynamics// Natur, 2008.– v.451.– P. 279–283.

30. Zachos J., Pagani M., Sloan L., Thomas E., Billups K. Trends, rhythms, and aberrations in global climate 65 Ma to present // Science, 292.- 2001.- P. 686-693.