УДК 551.763.333 (470.630)
doi: 10.55959/MSU0579-9406-4-2024-63-5-58-72

# ПАЛЕООБСТАНОВКИ И БИОСТРАТИГРАФИЯ МААСТРИХТА РАЗРЕЗА РЕКИ ДАРЬЯ (СЕВЕРНЫЙ КАВКАЗ)

**Елена Васильевна Яковишина[1], Сергей Иванович Бордунов[2], Максим Валерьевич Коротаев[3], Людмила Федоровна Копаевич[4], Анастасия Александровна Одинцова[5], Наталья Олеговна Митрофанова[6], Елизавета Андреевна Краснова[7]**

[1] Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия; yakovishina@mail.ru
[2] Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова; Геологический институт РАН, Москва, Россия; sib-msu@mail.ru
[3] Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия; korm1111@yandex.ru
[4] Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия; lfkopaevich@mail.ru
[5] Геофизический центр РАН, Москва, Россия; anastacia.odintsova@gmail.com
[6] Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова; Геологический институт РАН, Москва, Россия; grnatusik@yandex.ru
[7] Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия; E.Krasnova@oilmsu.ru

***Аннотация.*** Комплексный подход к изучению маастрихтских отложений разреза реки Дарья (Северный Кавказ) послужил основой для восстановления условий седиментации. В результате проведенных исследований сделаны выводы о биотических и абиотических событиях того времени. Уточнено стратиграфическое положение разреза, выполнено его зональное расчленение по фораминиферам. Проведено восстановление палеогеографической и палеоклиматической обстановок. Установлено, что в регионе в маастрихте существовал тепловодный (от мелководно-морского до умеренно глубоководного) бассейн с нормальной соленостью и неравномерным темпом седиментации.

***Ключевые слова:*** маастрихт, Северный Кавказ, карбонаты, стабильные изотопы, палеообстановки, палеоклимат

***Для цитирования:*** *Яковишина Е.В., Бордунов С.И., Коротаев М.В., Копаевич Л.Ф., Одинцова А.А., Митрофанова Н.О., Краснова Е.А.* Палеообстановки и биостратиграфия маастрихта разреза реки Дарья (Северный Кавказ) // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. 2024. № 5. С. 58–72.

# PALEOENVIRONMENTS AND BIOSTRATIGRAPHY OF MAASTRICHTIAN SECTION OF DARYA RIVER (NORTHERN CAUCASUS)

**Elena V. Yakovishina[1], Sergey I. Bordunov[2], Maksim V. Korotaev[3], Lyudmila F. Kopaevich[4], Anastasya A. Odintsova[5], Natalya O. Mitrofanova[6], Elizaveta A. Krasnova[7]**

[1] Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia; yakovishina@mail.ru
[2] Lomonosov Moscow State University; Geological Institute RAS, Moscow, Russia; sib-msu@mail.ru
[3] Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia; korm1111@yandex.ru
[4] Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia; lfkopaevich@mail.ru
[5] Geophysical Center RAS, Moscow, Russia; anastacia.odintsova@gmail.com
[6] Lomonosov Moscow State University; Geological Institute RAS, Moscow, Russia; grnatusik@yandex.ru
[7] Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia; E.Krasnova@oilmsu.ru

***Abstract.*** An integrated approach to the study of the Maastrichtian deposits of the Darya River (Northern Caucasus) section served as the basis for the reconstruction of sedimentation conditions. As a result of the conducted research, conclusions were revealed about the biotic and abiotic events of that time. The stratigraphic position of the section has been clarified, and it zonal subdivision by foraminifera has been defined. The reconstruction of paleogeographic and paleoclimatic environments has been undertaken. It was found that in region in Maastrichtian there was a warm-water basin from shallow-sea to moderately deep-water with normal salinity and irregular sedimentation rate.

***Keywords***: Maastrichtian, Northern Caucasus, carbonates, paleoenvironments, paleoclimate, isotopes

***For citation:*** Yakovishina E.V., Bordunov S.I., Korotaev M.V., Kopaevich L.F., Odintsova A.A., Mitrofanova N.O., Krasnova E.A. Paleoenvironments and biostratigraphy of Maastrichtian section of Darya river (Nothern Caucasus). *Moscow University Geol. Bull.* 2024; 5: 58–72. (In Russ.).

**Введение.** Северный Кавказ считается одним из наиболее важных регионов при проведении детальной стратиграфической корреляции верхнемеловых отложений Восточного Перитетиса. В пределах этой территории разрезы характеризуются преобладанием карбонатной седиментации, стратиграфической полнотой и наличием разнообразных комплексов макро- и микрофауны. Среди них разрез маастрихтского яруса по реке Дарья, отличающийся полнотой и хорошей обнаженностью.

На Кавказе маастрихтские отложения имеют достаточно широкое распространение. Они повсеместно развиты на юге Центрального и Восточного Предкавказья, в пределах Северо-Западного Кавказа (Абхазия, Южный флишевый прогиб), а также в Прикумской системе поднятий [Гофман и др., 1988]. Маастрихт согласно залегает на подстилающих слоях кампана и с размывом перекрываются палеогеном. На значительной части Ставропольского свода и в западной части Прикумской зоны поднятий отложения маастрихтского яруса были полностью уничтожены предпалеогеновой трансгрессией [Алексеев и др., 2005]. Общая мощность маастрихта от 25 до 115 м, в некоторых зонах Дагестана — до 280 м [Дробышев, 1951]. Литологически толщи маастрихта, особенно верхнемаастрихтские, мало изменчивы и представлены преимущественно плотными белыми и светло-серыми известняками с тонкими прослоями мергелей.

Характерной особенностью маастрихта изучаемой территории (р. Дарья, к северу от ст. Боргустанская) является литологическая однородность состава пород: светло-серые, часто белые мелоподобные плитчатые трещиноватые известняки. Данные отложения выделены в заюковскую свиту ($K_2zk$) [Письменный и др., 2004]. Этот разрез впервые был описан М.М. Москвиным [1942]. Позднее он упоминается Д.В. Дробышевым [1951] в его монографии, посвященной верхнемеловым карбонатам Северного Кавказа. В тектоническом плане район исследований располагается на Минераловодском выступе, который разделяет Восточно-Кубанский и Терско-Каспийский краевые прогибы и граничит по разломам на юге с Северо-Кавказкой моноклиналью Большого Кавказа, а на севере со Ставропольским сводом Скифской плиты [Годзевич, 1996].

В статье приведены результаты детального комплексного изучения разреза по реке Дарья (рис. 1). Исследования, проведенные авторами, основаны на детальном анализе условий седиментации и особенностей распространения таксонов различных групп микроорганизмов, важных в стратиграфическом отношении — фораминифер и наннопланктона.

Для достижения цели по биостратиграфическому расчленению разреза и восстановлению палеогеографических и палеоклиматических обстановок были решены следующие задачи комплексных исследований.

1. Осуществлено зональное расчленение разрезов по разным группам микроорганизмов для датировки и корреляции существенных седиментологических перестроек в палеобассейне. Анализ систематического состава планктонных (ПФ) и бентосных фораминифер (БФ) служит повышению

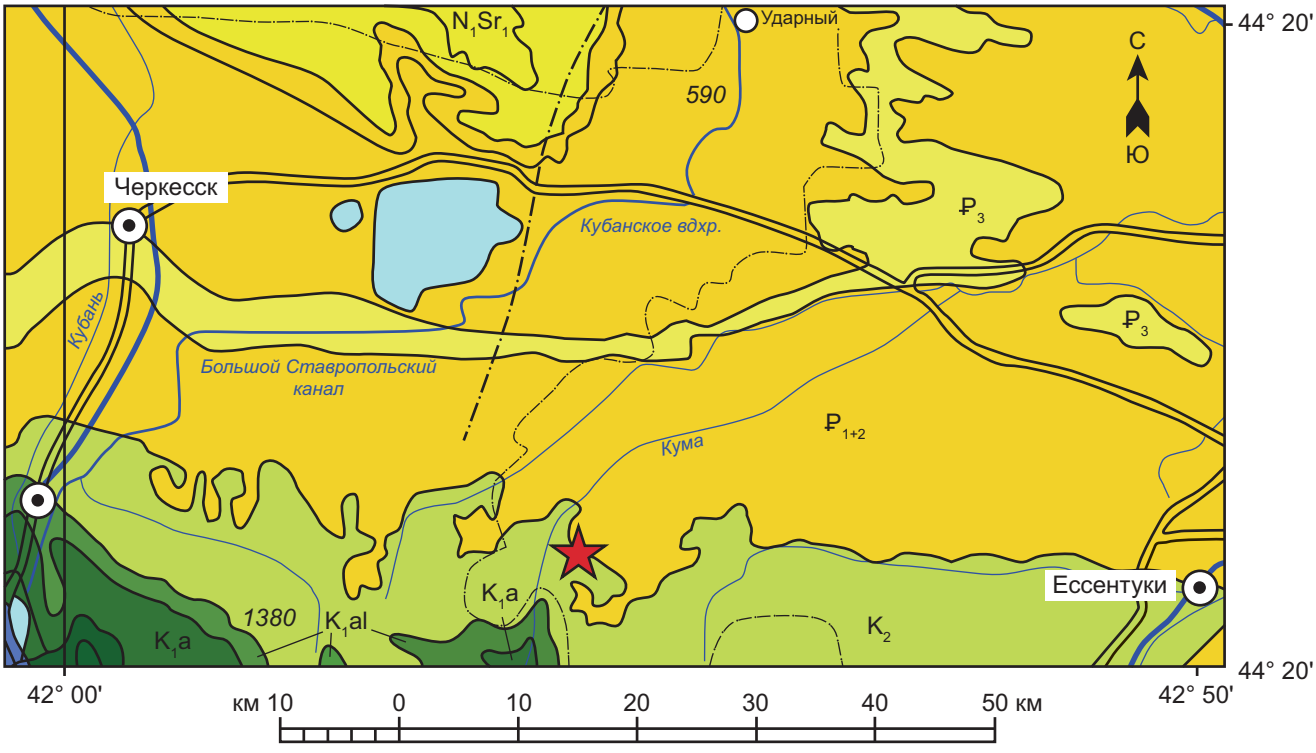



Рис. 1. Схематическая геологическая карта района исследований по [Колтыгина и др., 1998] и положение изученного разреза (красная звезда), координаты 44°3'19,69" с.ш. 42°29'11,09"

детальности биостратиграфических построений, увеличению корреляционного потенциала, а также помогает получить полезную палеоэкологическую информацию [Беньямовский, Копаевич, 2001].

2. Выполнен анализ изотопного состава кислорода и углерода, необходимого для получения информации о колебаниях температуры, солености и продуктивности бассейна [Галимов, 1968]. Выявление наиболее заметных сдвигов и их возрастная привязка; сопоставление магнитуды отклонения одновозрастных изотопных вариаций в разных частях бассейна и в разных фациальных зонах.

3. Проведен седиментологический анализ вещественного состава пород, выделены микрофации, выполнен рентгенофазовый анализ глинистых минералов, направленный на определение условий карбонатной седиментации.

4. Сделано сопоставление всех полученных результатов, осуществлена расшифровка направленности биотических и абиотических изменений, выявлены периодические колебания уровня моря, температуры, солености, объем поступления органического вещества в бассейн и уровня содержания кислорода в воде.

**Материал и методы исследования.** Аналитические исследования проводились на геологическом факультете МГУ имени М.В. Ломоносова. Из отложений маастрихта мощностью 58 м было отобрано 23 образца. Отбор образцов производился с интервалом 1–2 м. Вещественный состав пород (карбонатные, глинистые и песчаные разности) изучался в шлифах с помощью поляризационного микроскопа Motic BA300 Pol. Петрографическими исследованиями шлифов выделено 6 типов микрофаций пород (МКФ) [Flügel, 2010] и уточнены генетические условия их формирования [Фролов, 1984], что позволило составить представление об условиях формирования изучаемой толщи.

Данные по возрасту изученных пород были получены путем микропалеонтологического анализа содержащихся в них комплексов фораминифер. Предварительно раздробленная порода дезинтегрировалась путем кипячения в слабощелочном растворе воды и далее отмывалась вручную в проточной воде через сито с размером ячеек 0,063 мм. Раковины фораминифер изучались с помощью микроскопа “LEICA MZ12” при увеличениях от 10х до 40х. В статье приведены изображения наиболее значимых таксонов для определения возраста и указано их стратиграфическое распространение. Виды-индексы ПФ и некоторые БФ сфотографированы на сканирующем электронном микроскопе CamScan-4 в кабинете приборной аналитики Палеонтологического института РАН с последующей обработкой на компьютере.

Для изучения наннопланктона были подготовлены небольшие фрагменты породы (весом 3–5 г), которые затем были наклеены на углеродопроводящую клейкую ленту. Образцы были изучены в лаборатории локальных методов исследования вещества геологического факультета МГУ при помощи сканирующего электронного микроскопа «Jeol JSM-6480LV» с вольфрамовым термоэмиссионным катодом. Естественные поверхности образцов со свежим сколом были покрыты пленкой золотого напыления толщиной 25–30 нм, а затем сфотографированы на сканирующем электронном микроскопе в режиме детектирования вторичных электронов при ускоряющем напряжении 20 кВ и силе тока электронного зонда от 10 пА при увеличении 1–10 мкм. Наннопланктон был определен к. г.-м. н. М.Н. Овечкиной.

Изотопные исследования кислорода и углерода проведены на кафедре геологии и геохимии горючих ископаемых геологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова с помощью масс-спектрометре “Delta V Advantage”. Анализ соотношений изотопных значений $^{13}C/^{12}C$ и $^{18}O/^{16}O$ основан на методе выделения $CO_2$ из карбоната при взаимодействии с фосфорной кислотой. Продукты реакции $CO_2$ и $H_2O$ заполняют вакуумную линию, где происходит их криогенное разделение. Очищенный $CO_2$ собирают в ампулу, анализируют на масс-спектрометре и замеряют отклонения значений $^{13}C/^{12}C$ и $^{18}O/^{16}O$ в образцах от значений этих параметров в стандарте VPDB (δ Vienna Pee Dee Belemnite Standard). Результаты измерения выражаются как $\delta^{18}O$ и $\delta^{13}C$ в промилле (‰) [Нургалиева, 2017].

Метод изотопной термометрии основан на распределении изотопа $O^{18}$ между кислородом воды и минерала, т. е. на наличии изотопного обмена между этими двумя компонентами, выражающегося следующей реакцией, например, для карбонатов:

$$H_2O^{18} + M_2CO_3^{16} = M_2CO_3^{18} + H_2O^{16}.$$

При обмене между кислородными соединениями и водой тяжелый изотоп кислорода концентрируется в кислороде минерала. Это распределение зависит от температуры осаждения: чем ниже температура, тем больше $\delta^{18}O$ содержится в соединении. Высокие температуры оказываются наименее благоприятными для разделения изотопов при образовании соединения. То есть, чем выше температура, тем меньше будет отличаться изотопный состав кислорода минерала от кислорода воды того водного резервуара, с которым он связан [Тейс, Найдин, 1973]. Изменение концентрации тяжелого изотопа с температурой тем меньше, чем выше температура.

Расчет палеотемператур произведен с использованием уравнения Эпштейна [Epstein et al., 1953] с измененными температурными коэффициентами, рассчитанными для лабораторного неорганического осаждения кальцита [Kim et al., 1997]. Для пересчета использовалась формула:

$$T = 16{,}9 - 4{,}38\ (\delta) + 0{,}1\ (\delta^2),\ \text{а}\ \delta = \delta_c - \delta_w,$$

где $T$ — температура в °С, δ — разница значения $\delta^{18}O_c$ образца пород относительно стандарта VPDB

и значения $\delta^{18}O_w$ (стандартное среднее значение $\delta^{18}O$ океанической воды для условий высоких широт свободных от льда в интервале позднего мела в ‰. Установлено, что для позднего мела в условиях высоких широт свободных от льда данное значение $\delta O_w = -1$‰ [Shackleton, Kennett, 1975].

Рентгенофазовый анализ минерального состава глин в 7 образцах выполнен при помощи рентгеновского дифрактометра ДРОН-3М на кафедре нефтегазовой седиментологии и морской геологии геологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова. Идентификация минералов осуществлялась на основании определения межплоскостных расстояний, которые на дифрактограммах показаны базальными рефлексами.

**Результаты и обсуждение.** ***Описание разреза.*** Изучаемый разрез, расположенный в русле реки Дарья, сложен толщей ритмичного чередования известняков и мергелей в русле реки Дарья (рис. 2). Следует отметить, что в целом вверх по разрезу в породах уменьшается карбонатная составляющая и увеличивается количество терригенной примеси. Общая мощность составляет 58 м. Контакт с нижележащими породами не выявлен (задернован). Граница с датскими отложениями несогласная со смещением (вероятно из-за конседиментационного изгибания пласта). Вышележащие отложения датского яруса представлены темно-серыми мергелями.

В разрезе выделяются 6 литологических пачек (рис. 3).

*Пачка 1.* Ритмичное чередование серых массивных, толстоплитчатых известняков с маломощными (5–8 см) прослоями темно-серых мергелей. Встречаются горизонтальные ходы илоедов диаметром 0,5–1 см, заполненные темным глинистым веществом, редкие обломки аммонитов и морских ежей средней сохранности. Мощность пачки 4–4,5 м.

*Пачка 2.* Более плотные слои известняков, образующие бронирующие поверхности, и содержащие маломощные рыхлые прослои мергелей. Известняк светло-серый, плотный, массивный, сильно биотурбированный. Отмечены остатки губок, скопления морских ежей и редкие отпечатки раковин аммонитов плохой сохранности. Мощность 10–10,5 м.

*Пачка 3.* Ритмично переслаивающиеся белые известняки и светло-серые мергели. Известняк белый, плотный, неслоистый, биотурбированный, с характерной толстоплитчатой отдельностью и ходами роющих организмов. Как в известняках, так и в мергелях отмечается появление примеси терригенного материала.

Для отложений пачки характерно присутствие большого количества ежей разных размеров. Также встречаются губки и редкие плохой сохранности аммониты. Иглокожие ископаемые часто ожелезнены. Общая мощность пачки 20–22 м.

*Пачка 4.* Ритмичное чередование светло-серых известняков и плотных зеленовато-серых глинистых мергелей. Часто встречаются скопления остатков

Рис. 2. Толща чередования известняков и мергелей (пачка 3) разреза маастрихта р. Дарья. Красная линия — граница между нижним ($K_2m_{1)}$ и верхним маастрихтом ($K_2m_2$) (фото Е.В. Яковишиной)

морских ежей и многочисленные ходы илоедов. Общая мощность пачки 8,5–9 м.

*Пачка 5.* Переслаивание глинистых известняков и глинисто-алевритистых мергелей (тонкая и средняя ритмичность). Отложения пачки вверх по разрезу приобретают более темный цвет и более тонкую ритмичность. Количество остатков макрофауны резко сокращается: встречаются в основном мелкие, плохой сохранности раковины морских ежей. Мощность пачки 5,5–6 м.

*Пачка 6.* Ритмичное чередование известняков и глинистых мергелей. Отложения аналогичны пачкам 1–4, однако слои более тонкие, при этом глинистые прослои преобладают над известковыми. Макрофаунистические находки отсутствуют. Мощность пачки 6 м.

***Микрофации.*** Отложения в изучаемом интервале разреза представлены в основном карбонатными породами, в которых выделено 6 основных типов микрофаций (МКФ) (рис. 4), отличающихся друг от друга составом, цветом, структурой, текстурой, палеонтологическими остатками и т. д. [Flügel, 2010]. Классификация известняков приведена по [Dunham, 1962].

К основным карбонатным структурным компонентам относятся целые скелетные организмы, детрит, шлам, микритовый карбонат, обломки

| Система | Отдел | Ярус | Подъярус | Свита | Номер пачки | Литология | Мощность пачки, м | Номера образцов | Органогенные остатки | Описание пород | Комплексы фораминифер: Бентос | Комплексы фораминифер: Планктон |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| МЕЛОВАЯ | ВЕРХНИЙ | МААСТРИХТСКИЙ | НИЖНИЙ | ЗАЮКОВСКАЯ | 6 | | 6 | 204/1 205/1 | | Ритмическое чередование серых массивных известняков и глинистых, зеленовато-серых мергелей | Cibicidoides commatus | Racegue-mbellina fructicosa |
| | | | | | 5 | | 5,5-6 | 206, 207 | | Алевритистые песчаники. Переслаивание глинистых известняков и зеленоватых глинисто-алевритистых мергелей | | Planoglobulina brazoensis |
| | | | | | 4 | | 9 | 201 202/1 203 | | Чередование светло-серых известняков и тонкосло-истых глинистых (иногда алевритистых) темно-серых мергелей | | |
| | | | | | 3 | | 20-22 | 195 196/1 197 198/3 199 200 | | Ритмично переслаивающиеся белые толстоплитчатые плотные известняки и светло-серые известковистые тонкослоистые мергели | | Pseudotextularia elegans Clobotruncanella havanensis |
| | | | | | 2 | | 10-10,5 | 192 193 194/3 | | Переслаивание плотных известняков, образующих бронирующие поверхности и рыхлых маломощных мергелей | Anomalinoides cf. welleri, Gavelinella midwayensis | |
| | | | | | 1 | | 4-4,5 | 191 190/3 | | Ритмичное чередование серых, массивных известняков с маломощными прослоями темно-серых мерегелей | | |

Мергели; Мергели алевритистые; Известняки глинистые; Фораминиферы; Морские ежи; Губки

Мергели глинистые; Известняки; Песчаники алевритистые; Ходы илоедов; Нано-планктон

Рис. 3. Литологостратиграфическая колонка маастрихтских отложений и распространение комплексов фораминифер в разрезе маастрихта р. Дарья

карбонатных пород, водорослевые и пеллетовые комки и др. К некарбонатным седиментационным компонентам относятся примеси: глинистые, кварцевые, слюдистые, рудные, рассеянное органическое вещество и др. [Dunham, 1962]. Основными глинистыми минералами являются смектит и иллит. Песчано-алевритовая примесь представлена кварцем, слюдой, глауконитом. Содержание примесей колеблется в пределах первых процентов. Среди рассеянного органического вещества преобладает дисперсное органическое вещество, представленное сгустками и гнездообразными скоплениями.

К постседиментационным структурным компонентам относятся аутигенные карбонатные и некарбонатные минералы: карбонатным постседиментационным минералом является доломит, а некарбонатным — пирит и глауконит. Эти компоненты образуются либо при химическом осаждении в поровом пространстве, либо в результате процессов метасоматоза, в основе которых химическому осаждению предшествует растворение [Яковишина и др., 2008]. Максимальное содержание ромбоидных кристаллов доломита составляет 1–2%. Некарбонатные скрытокристаллические компоненты представлены пиритом, образующим скопления в виде мелких сгустков, а также зернами неправильной формы зернами глауконита.

*МКФ 1* — известняк фораминиферово-питонелловый (вакстоун) желтовато-серого цвета. Характерна текстура биотурбации (линзы пакстоуна, обусловленные скоплением крупных фораминифер). Основная масса представлена микритовым кальцитом с примесью глин (до 2%) и незначительной доломитизацией (0,2%). Характерны фораминиферы, питонеллы, фрагменты морских ежей и ходы роющих организмов.

*МКФ 2* — известняк питонелловый (пакстоун), неравномерного желтовато-коричневого цвета, с микритовой карбонатной основной массой (до 98% $CaCO_3$), биотурбированный. Характерно массовое развитие известковых диноцист *Pithonella ovalis*. Встречаются остатки морских ежей и ходы роющих организмов.

*МКФ 3* — известняк глинистый фораминиферово-питонелловый (вакстоун) светло-серого цвета, биотурбирован, в обнажениях наблюдается горизонтальная слабоволнистая слоистость. Основная масса сложена микритовым кальцитом (74–78%), глиной (21–25%), и доломитом до (0,6–0,9%). Характерны фораминиферы и питонеллы. При полевом исследовании обнаружены губки и скопления остатков морских ежей.

*МКФ 4* — известняк микритовый (мадстоун) светло-серого цвета, с внутренней тонкой слоистостью, обусловленной ориентировкой спикул губок. Основная масса состоит из микритового кальцита (96–97%) и примеси глины (3–4%). Макрофауна представлена морскими ежами. Характерна горизонтальная (слабоволнистая) слоистость.

*МКФ 5* — известняк глинистый (мадстоун), желтовато-серого цвета, неслоистый, с карбонатно-глинистой основной массой (77–78% кальцита, 22–23% глинистого вещества), доломитизирован (1%).

*МКФ 6* — песчаник тонкозернистый кварцевый коричневого цвета с карбонатно-глинистым цементом. Терригенная примесь представлена кварцем (45–50%) с полуокатанными, часто с эродированной поверхностью зернами размером 0,01–0,08 мм, плохо сохранившимися в количестве 6–7% зернами полевых шпатов размером 0,02 до 0,1 мм и округлыми зернами глауконита (3–4%). Из макрофауны встречаются лишь обломки морских ежей.

***Биостратифический анализ.*** Стратиграфическая привязка разреза основана на распределении в изучаемых отложениях раковин фораминифер, а также остатков морских ежей и наннопланктона. В результате проведенного анализа в разрезе были выделены комплексы бентосных и планктонных фораминифер (рис. 5). В 13 образцах ассоциации ПФ обладают высоким таксономическим разнообразием, преобладают раковины так называемых «глубоководных» таксонов, обладающих сложной морфологией раковины. В других образцах основную часть комплекса составляют раковины с более простой морфологией, в них увеличивается число бентосных фораминифер. Поскольку ПФ преобладают и к тому же имеют большее стратиграфическое значение чем БФ, то рассмотрение комплексов начинается с ПФ.

Комплекс с *Pseudotextularia elegans — Globotruncanella havanensis* отмечается в интервале от обр. 190/3 до обр. 198/3 и характеризуется появлением *Pseudotextularia elegans*, *Heterohelix striata* (обр. 190/3), *Globotruncanella havanensis* (обр. 196/1), постоянным присутствием *Globotruncana arca*, первое появление которого связано с пограничным сантон-кампанским интервалом. В предыдущих работах авторы, характеризуя слои с *Psedotextularia elegans* в Саратовском Поволжье в разрезах Лох, Ключи, Тепловка, отмечали увеличение таксономического разнообразия ПФ в этом интервале, помимо вида-индекса были встречены виды, присутствующие в разрезе Дарья: *Globotruncanella havanensis* Voorwijk, *Globotruncanita stuarti* (Lapparent), *Racemiguembelina poweli* Smith et Pessagno, *Planoglobulina brazoensis* Martin [Вишневская и др., 2018; Vishnevskaya, Kopaevich, 2020].

Следующий комплекс с *Planoglobulina brazoensis* начинается с уровня пробы 198/3. Его нижняя граница проводится по появлению вида-индекса. Помимо него комплекс характеризуется продолжающейся встречаемостью таких видов, как *Pseudotextularia elegans*, *Globotruncana arca,* а также появлением *Globotruncanita stuarti* (обр. 202/1). Граница самого верхнего комплекса с *Racemiguembelina fructicosa* определяется по первому появлению в данном разрезе вида-индекса в образце 204/1. Помимо этой формы в ассоциации планктонных фораминифер наблюдаются *Pseudotextularia elegans*, *Planoglobullina*

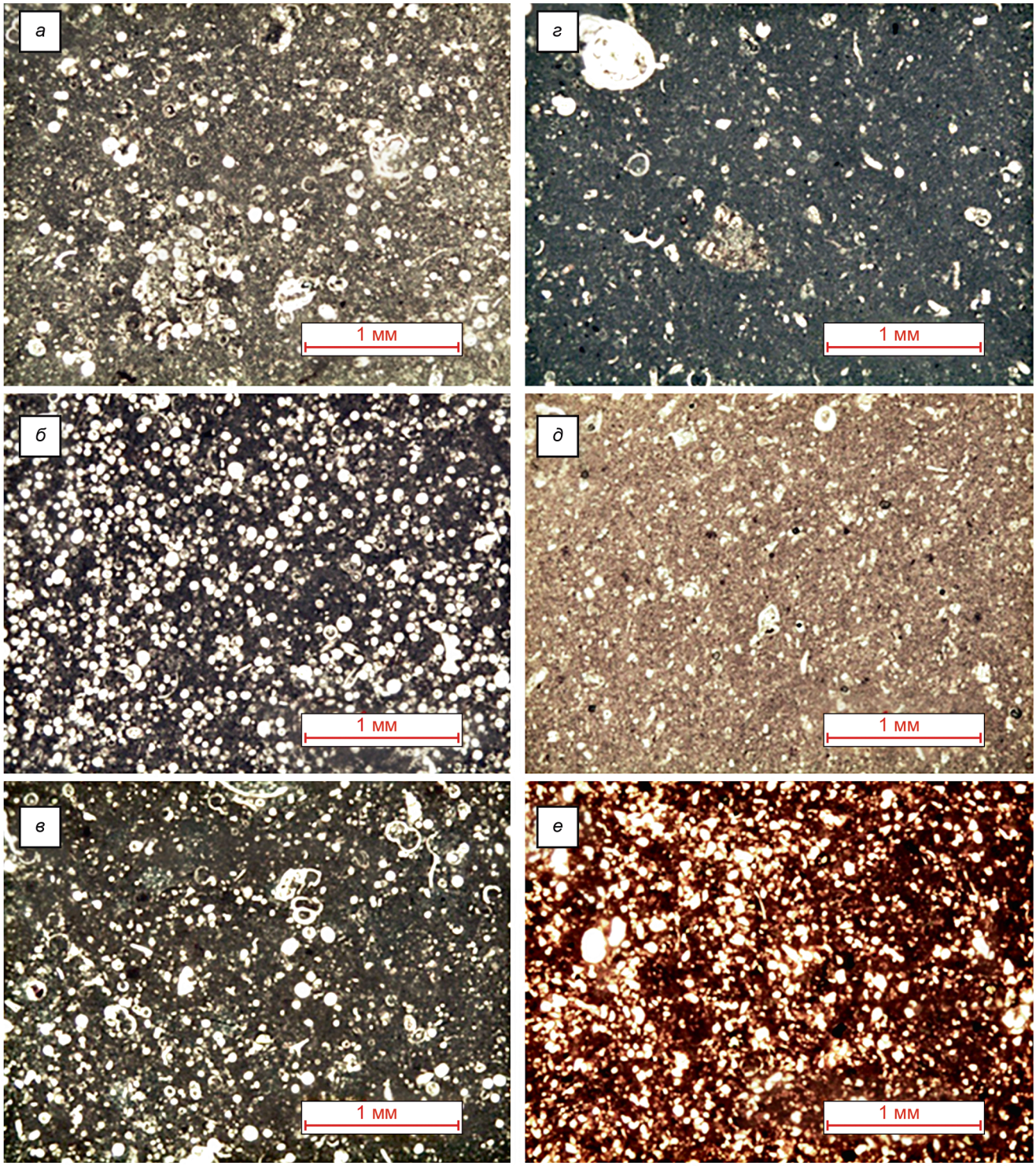
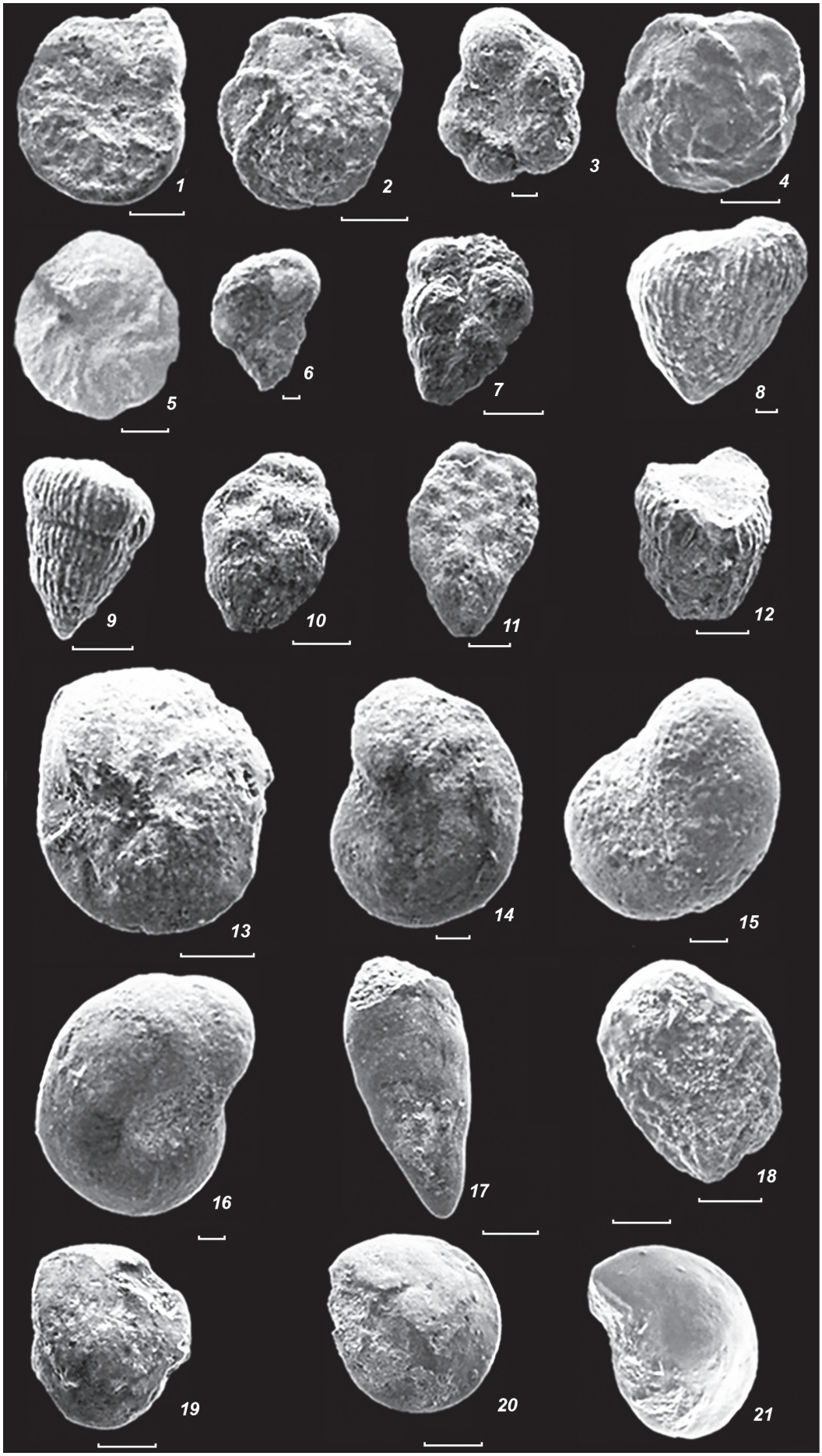



Рис. 4. Фото петрографических шлифов выделенных микрофаций: *а* — известняк фораминиферово-питонелловый (вакстоун) МКФ 1, обр.190-1, *б* — известняк фораминиферово-питонелловый (пакстоун) МКФ 2, обр. 190-2, *в* — известняк глинистый фораминиферово-питонелловый (вакстоун) МКФ 3, обр. 194-4, *г* — известняк серый (мадстоун) МКФ 4, обр. 198-1, *д* — известняк глинистый (мадстоун) МКФ 5, обр. 200-1, *е* — песчаник тонкозернистый кварцевый МКФ 6, обр. 206-4

Рис. 5. Характерные бентосные и планктонные фораминиферы. 1– *Stensioina brotzeni* Vasichek, спиральная сторона, обр. 204/1; 2 — *Globotruncana arca* (Cushman), сиральная сторона, обр. 190/3; 3 — *G. havanensis* (Voorwijk), пупочная сторона, обр. 196/1; 4 — *Contusotruncana fornicata* (Plummer), спиральная сторона, обр. 205/1; 5 — *Globotrucanita stuarti* (Lapparent), пупочная сторона, обр. 202/1; 6 — *Heterohelix striata* (Ehrenberg), обр. 202/1; 7 — *Pseudotextularia elegans* (Rzehak) обр. 190/3; 8 — *P. elegans* (Rzehak) обр. 198/3; 9 — *P. elegans* (Rzehak) обр. 204/1; 10 — *Planoglobulina brazoensis* Martin, обр. 198/3; 11 — *P. brazoensis* Martin, обр. 204/1; 12 — *Raceguembelina fructicosa* (Egger), обр. 204/1; 13 — *Angulogavelinella stellaria* (Vass.), пупочная сторона, обр. 194/3; 14 — *Gavelinella midwayensis* (Plummer), спиральная сторона, обр. 194/3; 15 — *Anomalinoides* cf. *welleri* (Plummer), пупочная сторона, обр. 190/3; 16 — *A.* cf. *welleri* (Plummer), спиральная сторона, обр. 196/1; 17 — *Coryphostoma incrassatum* (Reuss), обр. 196/1; 18 — *Bolivinoides dorreeni* Finlay, обр. 196/1; 19 — *Cibicidoides commatus* (Moroz.), спиральная сторона, обр. 205/1; 20 — *C. commatus* (Moroz.), пупочная сторона, обр. 205/1; 21 — *C. commatus* (Moroz.), пупочная сторона, обр. 205/1. Мерная линейка 100 микрон


1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21

*brazoensis*, известные в нижележащих отложениях, а также вид *Contusotruncana fornicata* (обр. 205/1), имеющий широкое стратиграфическое распространение.

*Комплексы бентосных фораминифер*. Комплекс с *Anomalinoides* cf. *welleri, Gavelinella midwayensis* отмечается в интервале от обр. 190/3 до обр. 196/1 и характеризуется появлением *A.* cf. *welleri* (обр. 190/3), *Angulogavelinella stellaria*, *G. midwayensis* (обр. 194/3) и *Coryphostoma* (=*Bolivina*) *incrassata* (обр. 196/1).

Комплекс с *Cibicidoides commatus* установлен в интервале между обр. 204/1 и обр. 205/1. Он выделяется по появлению ряда форм, таких как *Stensioeina brotzeni* (обр. 204/1), *Bolivinoides dorreeni* и *C. commatus* (обр. 205/1).

Комплекс с *Pseudotextularia elegans — Globotruncanella havanensis* планктонных фораминифер указывает на раннемаастрихтский возраст. Это подтверждается нахождением в составе комплекса *Globotruncanella havanensis*, что характерно для маастрихтских отложений не только Кавказа, но и Крыма, Карпат [Беньямовский, Копаевич, 2001]. Другой вид-индекс — *Pseudotextularia elegans* очень широко распространен в Тетической области в частности по северо-западной периферии Атлантического океана с верхнего кампана по маастрихт [Weiss, 1983]. В эпиконтинентальных морях Восточно-Европейской платформы и Мангышлака появление его совпадает с позднемаастрихтской тепловодной трансгрессией [Найдин и др., 1984; Беньямовский, Копаевич, 2001; Alekseev at al., 1999], расширившей ареал тетической позднекампан-маастихтской тепловодной формы *Pseudotextularia elegans* на север до Поволжья, Восточного Прикаспия и Мангышлака в позднем маастрихте [Vishnevskaya, Kopaevich, 2020].

Не противоречат раннемаастрихтскому возрасту данные по стратиграфическому диапазону комплекса бентосных фораминифер с *Anomalinoides* cf. *welleri — Gavelinella midwayensis.* Виды-индексы широко известны в маастрихтских отложениях Восточно-Европейской платформы, Мангышлака и их горного обрамления. Начало массового распространения этих видов отмечается здесь в верхней части нижнего маастрихта [Найдин и др., 1984; Беньямовский, Копаевич, 2001; Alekseev, Kopaevich, 1997].

Комплекс с *Planoglobulina brazoensis* планктонных фораминифер скорее всего отвечает началу верхнего маастрихта. На это указывает появление вида-индекса *Planoglobullina brazoensis,* развитие которого отмечается в тетической области в среднем-верхнем маастрихте [Martin, 1972]. В Крыму этот вид свойственен верхнемаастрихтским отложениям [Alekseev, Kopaevich, 1997].

Вышележащий комплекс ПФ с *Raceguembelina fructicosa* и вмещающие его отложения уверенно датируются поздним маастрихтом, поскольку одноименная зона установлена для этого интервала в зональной шкале по планктонным фораминиферам Средиземноморской области и коррелируется с верхнемаастрихтской зоной *Abathomphalus mayaroensis* [Маслакова, 1977; Robaszynski, Caron, 1995].

Следует отметить, что в описываемом разрезе постоянно присутствуют спирально-винтовые двурядные и многорядные раковины гетерогелицид. К ним относятся такие таксоны как *Heterohelix striata, Pseudotextularia elegans*, *Planoglobulina brazoensis, Racemiguembelina fructicosa*. Подобная картина типична для многих разрезов Средиземноморского складчатого пояса, в том числе и для классического разреза Губбио Италии, где на границе мела и палеогена присутствует прослой глин с повышенным содержанием иридия. Этот разрез является относительно полным, а в верхней части маастрихта выделены зоны *Pseudoguembelina hariaensis, Pseudotextularia elegans u Plummerita hantkeninoides* Zones [Coccioni, Premoli Silva, 2015, fig. 2].

Не противоречат позднемаастрихтскому возрасту и данные по БФ верхнего комплекса с *Cibicidoides commatus*, которые встречены совместно с ПФ в рассматриваемом терминальном интервале разреза Дарья. Вид-индекс верхнего комплекса бентосных фораминифер *Cibicidoides commatus* широко распространен в кровле маастрихтских отложений южных районов Европейской части России и прилегающих территорий [Василенко, 1961].

Таким образом, в рассматриваемом интервале разреза р. Дарья граница между верхним и нижним маастрихтом проходит внутри верхней части пачки 3 (рис. 2, 3).

Все иглокожие, отобранные в ходе полевого изучения разреза, были условно отнесены к роду *Echinocorys* sp. *indet.* По своему облику они отвечают маастрихтскому возрасту.

Наннопланктон, встреченный в разрезе, имеет плохую сохранность. Комплекс видов характерен для довольно широкого возрастного интервала. К наиболее стратиграфически важным видам относятся: *Cribrosphaerella ehrenbergii*, *Arkhangelskiella cymbiformis* и *Prediscosphaera grandis*, встречающиеся в интервале сантон–маастрихт. Также в разрезе встречен представитель рода *Monomarginatus,* характерный для кампана и маастрихта [Perch-Nielsen, 1985].

***Изотопный анализ.*** Результаты изотопного анализа были сопоставлены с индикаторными соотношениями $\delta^{18}O_{SMOW}$ и $\delta^{13}C_{PDB}$ в карбонатных породах различного генезиса и различных стадий постседиментационных преобразований, установленными В.Н. Кулешовым [1986].

Результаты всех измерений, полученные авторами, соответствуют области значений морских осадочных карбонатов [Кулешов, 1986]. Полученные значения не попали в область диагенетических карбонатов, что дает основание полагать, что изучаемые отложения были подвержены незначительным постседиментационным преобразованиям и являются достаточно достоверными при интерпретации условий их накопления.

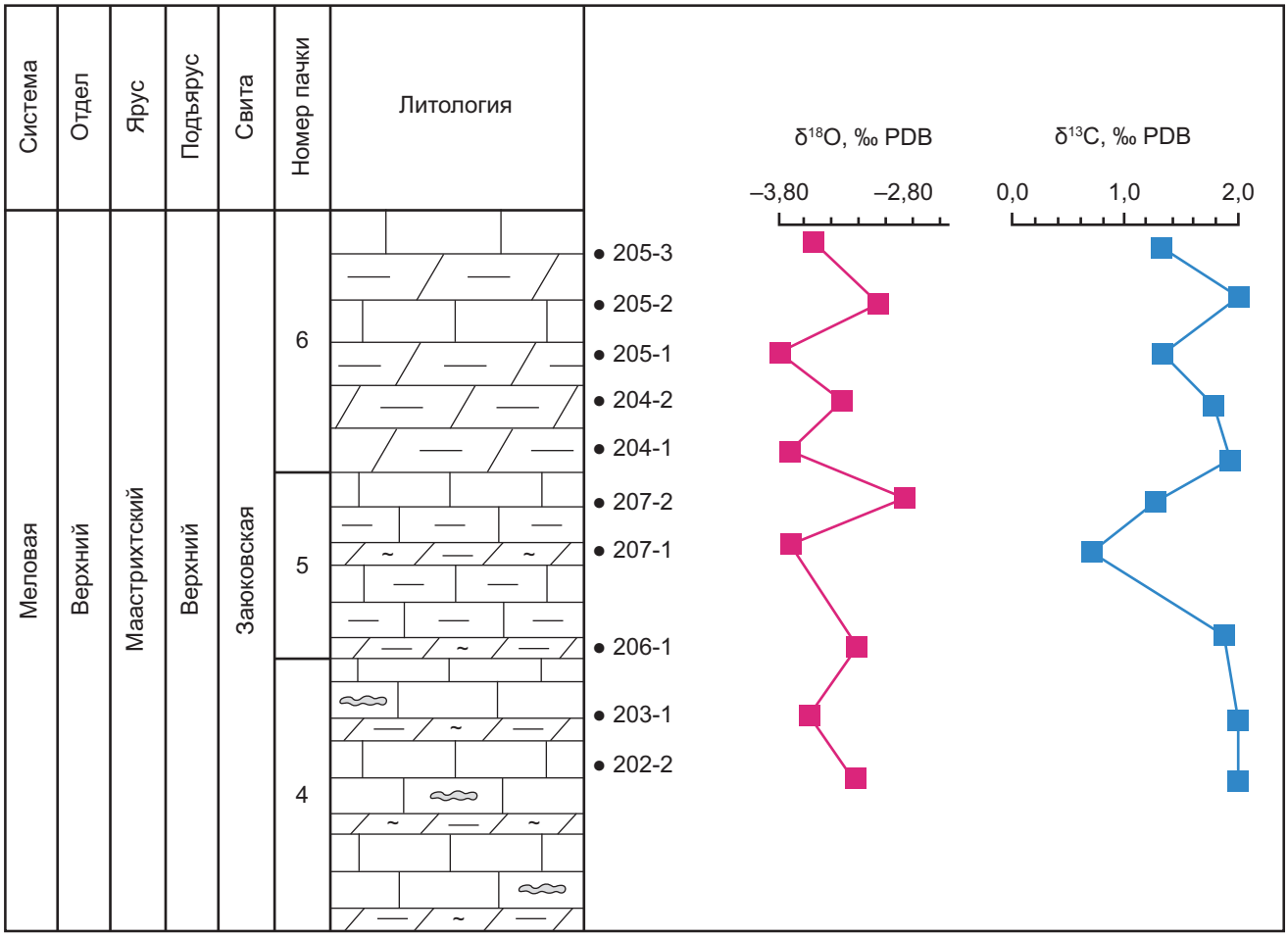



Рис. 6. Изотопные кривые верхнего маастрихта

По изотопным данным, с использованием формул

$$\delta^{18}O_{PDB} = 0{,}97006 \cdot \delta^{18}O_{SMOW} - 29{,}94$$

и

$$T = 16{,}5 - 4{,}3 \cdot \delta^{18}O_{PDB} + 0{,}14 \cdot \delta^{18}O_{PDB} \cdot \delta^{18}O_{PDB}$$

были рассчитаны палеотемпературы воды бассейна, которые оказались достаточно высокими (от 24° до 28°). По более ранним подсчетам [Овечкина, Алексеев, 2004], климат в маастрихте был достаточно теплым, с достаточно высокими температурами морского бассейна, в среднем около 14° с сильным потеплением в возрастном интервале 65,55–65,20 млн лет. Вместе с тем, Р.В. Тейс и Д.П. Найдин отмечают существенное понижение температуры, связанное с похолоданием, которое фиксируется в раннем маастрихте [Тейс и др., 1973].

Увеличение содержания $\delta^{13}C$ в изученных образцах свидетельствует об увеличении роли органического вещества в бассейне, так как живые организмы для фотосинтеза используют легкий изотоп $C^{12}$, а тяжелый изотоп $C^{13}$ остается в воде и идет на постройку карбонатов, т. е. чем больше $\delta^{13}C$, тем выше была биопродуктивность бассейна [Галимов, 1968].

Для изотопной кривой разреза р. Дарья характерно скачкообразное изменение значения $\delta^{13}C$ (рис. 6), что может быть вызвано увеличением биопродуктивности (в результате чего органика концентрирует легкие изотопы углерода, а в карбонатах остаются тяжелые) или же изменением режима циркуляции вод. Также это могло бы быть связано с осолонением, что, как правило, увязывается с повышением температуры воды, которое в свою очередь приводит к удалению $CO_2$ из воды и худшей растворимости карбонатов [Галимов, 1968; Тейс и др., 1973]. Однако по результатам микрофациального анализа карбонатов и палеоэкологического анализа фораминифер соленость была нормальной, следовательно, данная причина изменения значения $\delta^{13}C$ исключается. Вероятнее всего, вариации кривой связаны с биопродуктивностью организмов и изменением гидродинамики бассейна.

***Рентгенофазовый анализ.*** В результате проведенных исследований удалось установить наличие глинистых минералов определенных групп (иллиты, иллит-смектиты, смектиты). Эти данные были использованы при восстановлении обстановок седиментации.

При условии действия постоянного источника сноса глинистые минералы могут использоваться в качестве индикатора изменений условий выветривания. Изменение соотношений между содержаниями отдельных групп глинистых минералов может

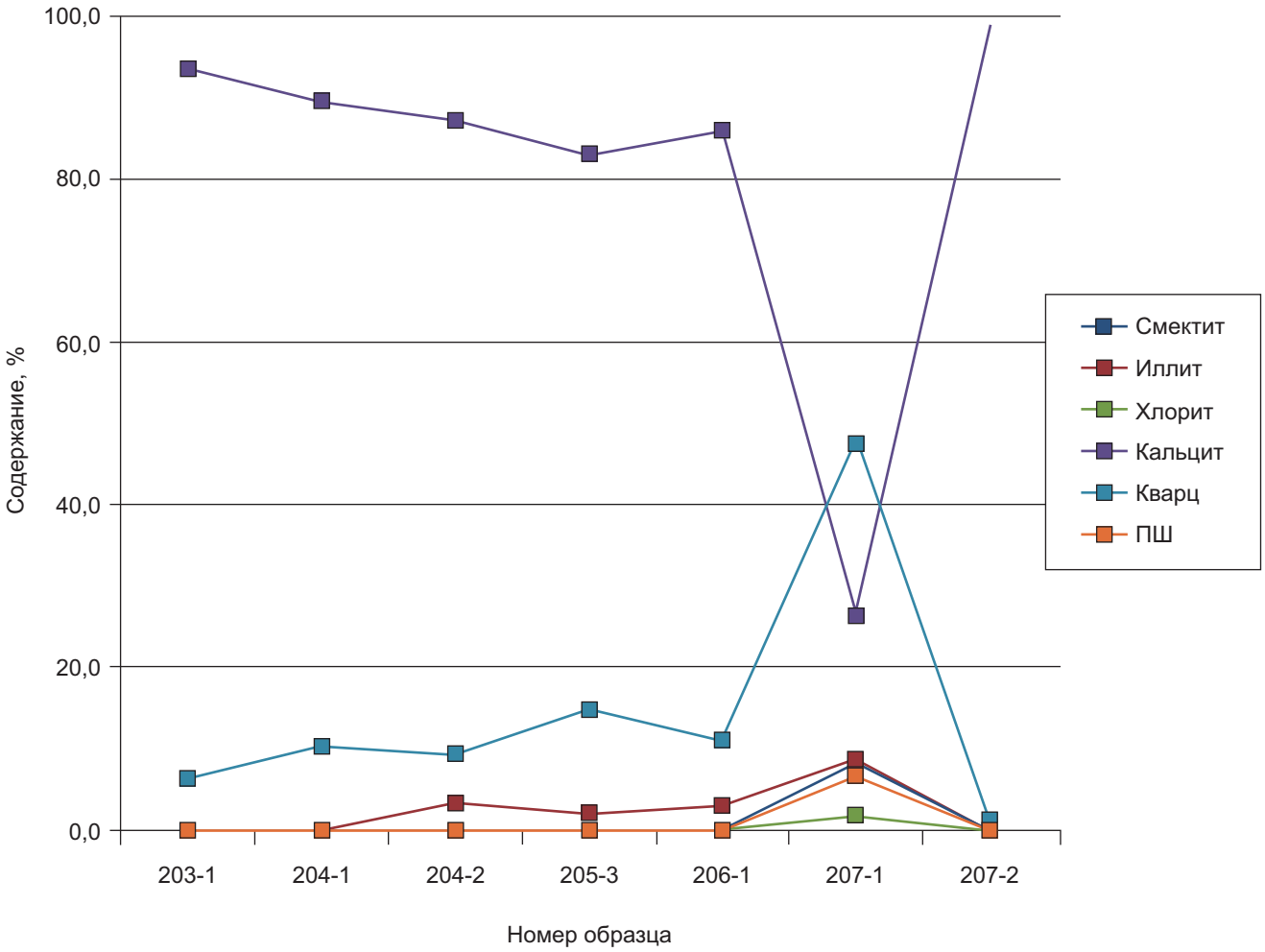



Рис. 7. Распределение глинистых минералов в образцах верхнего маастрихта

использоваться для оценки колебательных движений уровня моря и палеоклиматических изменений.

Изменение климата и, как следствие, условий выветривания на континенте в областях источниках сноса, приводило к изменению средних содержаний и соотношений между глинистыми минералами. Маастрихтские и кампанские отложения Кавказа представлены преимущественно карбонатными и карбонатно-терригенными отложениями мелководного шельфа. Содержание глинистых минералов невелико и составляет единицы процентов. Среди них преобладают иллиты, иллит-смектиты с содержанием смектитовых слоев порядка 20–30% и собственно, смектиты и неупорядоченные иллит-смектиты, находящиеся примерно в равных количествах. Отмеченная закономерность характеризуется увеличением доли набухающих глинистых минералов иллит-смектитового ряда с разным соотношением пакетов, а также собственно смектитов (рис. 7).

Учитывая, что изменения положения источника сноса относительно бассейна седиментации в районе р. Дарья не происходило, интервалы с увеличением доли набухающих минералов, которые также коррелируются и с увеличением содержания гипса, могут быть соотнесены с изменением климата. В эти периоды происходило некоторое обмеление бассейна, вызванное усилением аридизации климата, в результате чего усиливалась скорость выветривания, приводившая к увеличению доли смектитовых минералов и появлению в разрезах гипса.

***Фации и палеообстановки.*** Большинство карбонатных пород представляют собой многокомпонентную систему, поэтому определение устойчивых сочетаний всех характеристик пород помогают выявить их генезис. Генетический анализ карбонатных толщ заключается в выделении трех основных критериев: *литологических, геохимических и палеонтологических.*

В большинстве случаев карбонатные фации состоят из отложений пяти генетических групп: 1) рифовых, 2) открытого шельфа, 3) континентального склона, 4) закрытого шельфа, 5) прибрежно-морских.

Микрофации изученного интервала разреза можно сопоставить с определенными фациальными зонами. При этом физико-географические условия определяются характером осадконакопления, приуроченностью к геоморфологическим элементам, типом бассейна, положением в определенной части бассейна, удаленностью от береговой линии, динамикой среды, условиями жизни и захоронения организмов и т. д. На основании проведенного ана-

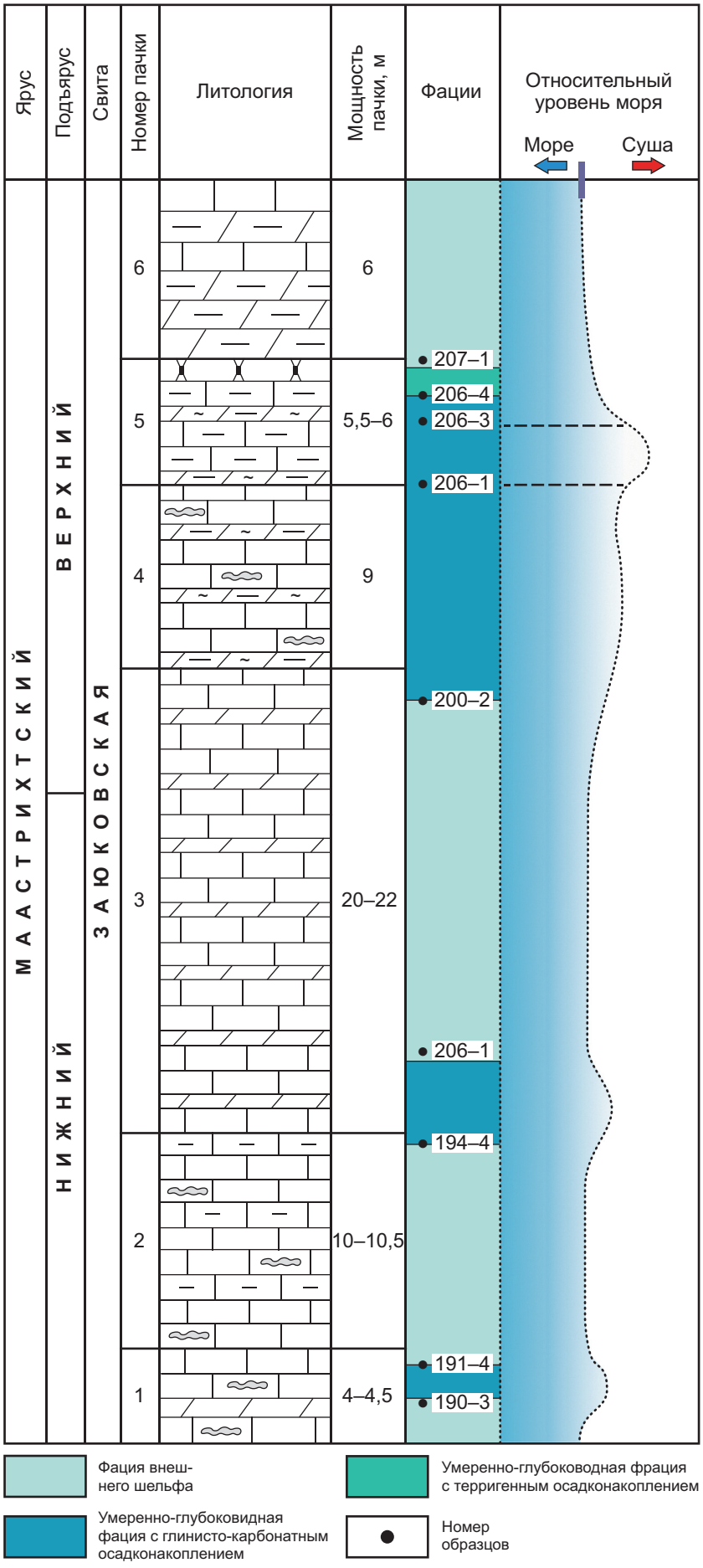



Рис. 8. Колебания уровня моря в маастрихте по результатам микрофациального и микрофаунистического анализов. Условные обозначения см. рис. 3

лиза микрофаций отложения, отвечающие им, были отнесены к соответствующим типам фаций (рис. 8), которые, в свою очередь, отражают определенные обстановки осадконакопления [Flügel, 2010].

*Фация внешнего шельфа.* Отложения сложены известняками типа вакстоун-пакстоун. Наиболее часто встречающиеся первичные структурные компоненты этого типа фации — целые формы микроорганизмов, представленные преимущественно фораминиферами, а также мелкий раковинный детрит иглокожих, иноцерамов и брахиопод. Эти часто встречающиеся остатки организмов свидетельствуют об относительной мелководности седиментации. Осадки накапливались в умеренно-активной гидродинамической обстановке ниже базиса волновой эрозии, что позволяло карбонатному веществу и тонкой глинистой взвеси выпадать в осадок и литифицироваться. Их равномерное рассеивание свидетельствует об удаленности источников сноса обломочного материала. Тонкая горизонтальная или слабоволнистая слоистость также подтверждает умеренную гидродинамику палеобассейна.

Резкое увеличение количества содержащихся в породе фораминифер (от 5–10 до 30%) свидетельствует об ослаблении активности водной среды связанной, возможно, со сменой умеренно-активной гидродинамической обстановки на затишную. Присутствие в осадках иглокожих и брахиопод подтверждают нормальную соленость бассейна. Находки кокколитофорид вида *Rhagodiscus,* которые по мнению П. Рейнхардта являются типичными тепловодными формами, свидетельствуют о достаточно теплых температурах бассейна [Овечкина, 2007]. Его кислородный режим, вероятно, был достаточно благоприятным, на что указывает состав биоценоза и следы ожелезнения мергелей, образующихся в окисной среде. К данной фации относятся МКФ 1, 4.

*Умеренно-глубоководная глинисто-карбонатная фация.* Отложения данной фации представлены глинистыми известняками (мадстоун-вакстоун) с фораминиферами, питонеллами и раковинным детритом. На фоне общей карбонатности (75–80%) повышается содержание глинистой компоненты, колеблющейся в пределах 21–25%, а также наблюдаются следы доломитизации (до 1%). Основной процесс, отвечающий за формирование этих отложений — гравитационное осаждение при незначительном влиянии придонных вод. Присутствие губок и иглокожих подтверждают умеренную соленость и нормальное содержание растворенного в воде кислорода. Фораминиферы представлены двумя формами сохранности: в первом случае — планктонные и бентосные фораминиферы средней сохранности, во втором — тонкостенные фораминиферы плохой сохранности, приуроченные к слоям средней и верхней частей разреза, в которых макрофаунистические находки практически отсутствуют. Это говорит об эпизодическом чередовании благоприятных и неблагоприятных условий существования, что связано, возможно, с кратковременным дефицитом растворенного в воде кислорода. Это подтверждается наличием следов пиритизации и ходов роющих организмов. Массовое содержание в осадках известковых диноцист *Pithonella ovalis* свидетельствует об удаленности источников сноса обломочного материала и доминировании карбонатного осадконакопления. К данной фации относятся МКФ 2, 3 и 5.

*Умеренно-глубоководная фация с преобладающим терригенным осадконакоплением.* К отложениям рассматриваемой фации относятся песчано-глинистые отложения с подчиненными прослоями алевритистых и глинистых песчаников. В данном случае — песчаник глауконит-кварцевый с карбонатно-глинистым цементом и редким детритом. Основной процесс образования отложений связан с механической аккумуляцией, которой способствует активная гидродинамика на фоне общего понижения уровня моря. Редкие находки иглокожих позволяют предполагать, что соленость и содержание кислорода в воде бассейна была нормальной. Осадконакопление происходило в водах с нейтральной реакцией, на что указывает преобладание глинистых минералов группы гидрослюд (иллит). Присутствие же хлорита свидетельствует о начальной стадии диагенеза первичных слюд и повышенном содержании FeO и MgO. Данной фации соответствует МКФ 6.

Детальный анализ строения и распределения фаций в изученных маастрихтских отложениях разреза реки Дарья дают основания полагать, что осадки накапливались в условиях открытого шельфа северной окраины океана Тетис на глубине от первых десятков до первых сотен метров.

Первичная плитчатость, характерная для всех пачек разреза, является одним из важнейших факторов для генетической диагностики карбонатных толщ. Причиной образования плитчатости является неравномерная скорость седиментации: моменты замедленного накопления карбонатного осадка или пульсирующего привноса глинистого материала. Соленость бассейна была нормальной, что подтверждается находками остатков раковин бесспорно стеногалинных аммонитов, морских ежей и губок. Присутствие в разрезе прослоев с пиритом и почти полным отсутствием макро- и микрофауны связано, вероятнее всего, с недостаточным количеством растворенного в воде кислорода в отдельные моменты осадконакопления.

В целом, структурно-фациальные зоны на территории не менялись, наблюдается лишь смена более мелководных фаций на относительно глубоководные вследствие эвстатических колебаний уровня моря. Периоды осадконакопления чередовались либо с замедлением, либо с приостановкой седиментации. Вверх по разрезу мелкие перерывы встречаются чаще, на что указывает более тонкая и частая ритмичность в верхах разреза.

В верхней части разреза (пачка 5) отмечается импульс максимальной трансгрессии, характеризую-

щийся появлением глинистых прослоев. Углубление бассейна на этом этапе характерно и для ВЕП, и для Крымско-Кавказского региона [Алексеев и др., 2005].

**Выводы.** Комплексный подход к изучению маастрихтских отложений разреза реки Дарья послужил основой для восстановления условий седиментации. Анализ полученных данных позволил сделать выводы о биотических и абиотических событиях. В результате исследований уточнено стратиграфическое положение разреза, выполнено его зональное расчленение по фораминиферам. С помощью рентгенофазового и изотопного методов проведено восстановление палеогеографической и палеоклиматической обстановок.

1. Сопоставление с зональными шкалами по бентосным и планктонным фораминиферам показало, что в разрезе р. Дарья граница между верхним и нижним маастрихтом проходит внутри верхней части пачки 3.

2. Анализ микрофаций карбонатных пород, а также микро- и макрофауны позволил установить, что в регионе в маастрихте существовал мелководно-морской до умеренно глубоководного бассейна с нормальной соленостью и неравномерным темпом седиментации. Глубина бассейна составляла от первых десятков до первых сотен метров. Состав глинистых минералов указывает на относительную аридизацию климата в это время.

3. По данным изотопного анализа температуры водных масс в маастрихте были достаточно высокими и составляли от 24 до 28 °С.

***Благодарности.*** Авторы признательны сотруднику кафедры инженерной геологии геологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова В.В. Крупской за помощь в обработке и интерпретации результатов рентгенофазового анализа, а также к. геол.-минер. наук М.Н. Овечкиной за определение нанопланктона.

***Финансирование.*** Работа выполнена по научным темам госзаданий геологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова и Геологического института РАН.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

*Алексеев А.С., Копаевич Л.Ф., Барабошкин Е.Ю.* и др. Палеогеография юга Восточно-Европейской платформы и ее складчатого обрамления в позднем мелу. Статья 2. Палеогеографическая обстановка // Бюлл. Моск. о-ва испытателей природы. Отд. геол. 2005. Т. 80, вып. 4. С. 30–44.

*Беньямовский В.Н., Копаевич Л.Ф.* Детальная схема зонального деления кампана-маастрихта Европейской палеобиогеографической области// Стратиграфия. Геол. корреляция. 2001. Т. 9, № 6. С. 65–79.

*Василенко В.П.* Фораминиферы верхнего мела полуострова Мангышлака // Тр. ВНИГРИ. 1961. Вып. 171. 487 с.

*Вишневская В.С., Копаевич Л.Ф., Беньямовский В.Н., Овечкина М.Н.* Корреляция верхнемеловых зональных схем Восточно-Европейской платформы по фораминиферам, радиоляриям и наннопланктону // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. 2018. № 1. С. 26–35.

*Галимов Э.М.* Геохимия стабильных изотопов углерода. М.: Недра, 1968. 226 с.

*Годзевич Б.Л.* Тектоника и морфоструктура Ставрополья // Вестник СГУ. 1996. Вып. 6. С. 24–32.

*Гофман Е.А., Сорокина И.Э., Егоян В.Л.* и др. Мезозойско-кайнозойские комплексы Предкавазья (строение и корреляция). М.: Наука, 1988. 94 с.

*Дробышев Д.В.* Верхний мел и карбонатные отложения палеогена на северном склоне Кавказа // Тр. ВНИГРИ, нов. сер. Вып. 42, 1951. 221 с.

*Колтыгина В.И., Куваева М.Е., Ермаков В.А.* и др. Государственная геологическая карта масштаба 1 : 1 000 000, лист L-(37), (38) (Ростов-на-Дону). М.: ПГО Аэрогеология, 1998.

*Кулешов В.Н.* Изотопный состав и происхождение глубинных карбонатов. М.: Наука, 1986. 128 с.

*Маслакова Н.И.* Зональная схема верхнего мела юга СССР по глоботрунканидам и методы ее разработки // Вопросы микропалеонтологии. 1977. Вып. 19. С. 77–98.

*Москвин М.М.* Стратиграфия верхнемеловых отложений района Кавказских Минеральных Вод: Диссертация. Свердловск, 1942.

*Найдин Д.П., Беньямовский В.Н., Копаевич Л.Ф.* Методы изучения трансгрессий и регрессий. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1984. 162 с.

*Нургалиева Н.Г.* Изотопная стратиграфия. Казань: Казан. ун-т, 2017. 34 с.

*Овечкина М.Н.* Известковый наннопланктон верхнего мела (кампан и маастрихт) юга и востока Русской плиты. М.: Наука, 2007. 350 с.

*Овечкина М.Н., Алексеев А.С.* Изменения сообществ фито- и зоопланктона в маастрихтском бассейне Саратовского Поволжья // Экосистемные перестройки и эволюция биосферы. Вып. 6 / Под ред. И.С. Барскова, Т.Б. Леоновой, А.Г. Пономаренко. М.: ПИН РАН, 2004. С. 57–73.

*Письменный А.Н., Пичужков А.Н., Зарубина М.А.* и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1 : 200 000. 2-е изд. Серия Кавказская. Листы K-38-I, VII (Кисловодск). Объяснительная записка. СПб., 2004. 364 с.

*Тейс Р.В., Найдин Д.П.* Палеотермометрия и изотопный состав кислорода органогенных карбонатов. М.: Наука, 1973. 255 с.

*Фролов В.Т.* Генетическая типизация морских отложений. М.: Недра, 1984. 222 с.

*Яковишина Е.В, Копаевич Л.Ф., Беньямовский В.Н., Соколова Е.А.* Генетические типы верхнемаастрихтских отложений Горного Крыма // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. 2008. № 3. С. 11–23.

*Alekseev A.S., Kopaevich L.F.* Foraminiferal biostratigraphy of the uppermost Campanian-Maastrichtian in SW Crimea (Bakhchisaray and Chakhmakyly sections) // Bull. Inst. Royal Sciences Natur. Belg. Vol. 67. 1997. P. 103–118.

*Alekseev A.S., Kopaevich L.F., Ovechkina M.N., Olferiev A.G.* Maastrichtian and Lower Paleocene of Northern Saratov Region (Russian Platform, Volga River): Foraminifera and calcareous nannoplankton // Bull. Inst. Royal Sciences Natur. Belg. 66-Supp. A. 1999. P. 15–45.

*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. 48/1. P. 47–90.

*Dunham R.J.* Classification of carbonate rocks according to depositional texture // Classification of Carbonate Rocks. Mem. Am. Assoc. Petrol. Geol. 1962. Vol. 1. P. 108–121.

*Epstein S., Mayeda T.* Variations of 18O content of waters from natural sources // Geochim. Cosmochim. Acta. 1953. Vol. 4. № 5. P. 213–224.

*Flügel E.* Microfacies of carbonate rocks. Analysis, interpretation and application. Second Edition. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2010. 929 p.

*Kim S.T., O'Neil J.* Equilibrium and nonequilibrium oxygen isotope effects in synthetic carbonates // Geochim. Cosmochim.Acta. 1997. Vol. 61. № 16. P. 3461–3475.

*Martin S.E.* Reexamination of the Upper Cretaceous Planktonic Foraminiferal Genera Planoglobulina Cushman and Ventilabrella Cushman // J. Foram. Res. Vol. 2. 1972. P. 73–92.

*Perch-Nielsen K.* Mesozoic calcareous nannofossils / Eds. H.M. Bolli, J.B. Saunders, K. Perch-Nielsen. Plankton Stratigraphy,.Cambridge: Cambridge Univ. Press, 1985. P. 329–426.

*Robaszynski F., Caron M.* Foraminifères planktoniques du Crétacé: commentaire de la zonation Europe-Méditerranée // Bull. Soc. geol. France. Vol. 166. N 6. 1995. P. 681–692.

*Shackleton N.J., Kennett J.P.* Paleotemperature history of the Cenozoic and the initiation of Antarctic glaciation: oxygen and carbon isotope analysis in DSDP Sites 277, 279, and 280 // Init. Rep. Deep Sea Drilling Project 29. Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office, 1975. P. 743–755.

*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 // Cretaceous Climate Events and Short-Term Sea-Level Changes / Eds. M. Wagreich, M.B. Hart, B. Sames, I.O. Yilmaz. Geol. Soc. London. Spec. Publ. 2020. Vol. 498. P. 165–187.

*Weiss W.* Heterohelicidae (seriale planktonische Foraminiferen) der tethyalen Oberkreide (Santon bis Maastricht) // Geol. Jahrb. Reich A. Heft 72. 1983. 93 p.

Статья поступила в редакцию 21.05.2023,
одобрена после рецензирования 03.06.2024,
принята к публикации 25.10.2024