

Вестник Московского университета

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

Основан в ноябре 1946 г.

Серия 4

ГЕОЛОГИЯ

№ 6 • 2023 • НОЯБРЬ–ДЕКАБРЬ

Издательство Московского университета

Выходит один раз в два месяца

СОДЕРЖАНИЕ

Никишин А.М., Сколотнев С.Г., Фоулджер Дж.Р., Родина Е.А., Алёшина К.Ф., Посаментьер Х.У., Черных А.А. Строение коры поднятия Менделеева в Арктическом океане: синтез данных сейсморазведки и опробования горных пород	3
Габдуллин Р.Р., Сыромятников К.В., Карпова Е.В., Казуров М.Д., Пузик А.Ю., Бадьянова И.В., Казымов К.П., Меренкова С.И., Бадулина Н.В., Иванов А.В., Мигранов И.Р. Высокоточная циклическая корреляция как основа детальных палеоклиматических реконструкций Крымско-Кавказского региона в юрское время	16
Копаевич Л.Ф., Яковишина Е.В., Митрофанова Н.О., Никишин А.М. Бордунов С.И. Опорный разрез верхнего маастрихта горы Клементьева (Юго-Восточный Крым)	24
Бугрова Э.М., Латыпова М.Р., Копаевич Л.Ф., Гусев А.В. Фораминиферы из глиняной пульпы грязевых вулканов Керченско-Таманской области: Семигорский, сопка Андрусова, Борух-Оба	34
Ульянцев А.С., Полякова Н.В. Характеристика элементного состава донных отложений и многолетнемерзлых пород губы Буор-хая (море Лаптевых)	44
Сыромятников К.В., Габдуллин Р.Р., Левитан М.А. Количественные параметры диагенетических преобразований в эоцен-плейстоценовых осадках плато Воринг (Норвежское море) в зависимости от условий их накопления	55
Ульянцев А.С., Иванников С.И., Братская С.Ю., Чаркин А.Н. Радиоактивность поверхностных донных осадков Чаунской губы. Анализ природных и антропогенных факторов	67
Криулина Г.Ю., Вяткин С.В., Бардухинов Л.Д., Седых Е.М., Копчиков М.Б., Гаранин В.К. Алмазы трубки Пионерская — морфология, спектроскопия, перспективы	77
Власов Е.А., Мочалов А.Г., Вигасина М.Ф., Щербаков В.Д., Плечов П.Ю. Минералы платиновой группы Баимского россыпного золотоносного узла, Западная Чукотка — новые данные	87
Салаватова Д.С., Бычков Д.А., Фяйзуллина Р.В. Адсорбция ртути (II) на минералах пород майкопской серии и грязевулканических глинах	100
Енисосова Н.В., Лубкова Т.Н., Митоян Р.А., Сингх В.К. Химический состав металлов христианских и языческих древностей из раскопок Великого Новгорода по данным междисциплинарных исследований	109
Степанов П.Ю., Гоманюк Ю.А. Алгоритмы глубинной кинематической миграции в двумерных средах	114
Ли Г., Гайнанов В.Г., Зверев А.С. Некоторые черты геологического строения донных отложений вокруг острова Беннета по сейсмоакустическим данным	130
Попов Д.Д., Пушкарев П.Ю. Чувствительность магнитотеллурических зондирований к типичным аномалиям электропроводности в тектоносфере	134
Поташев К.А., Баушин В.В., Мазо А.Б., Рамазанов Р.Г., Шелепов В.В. Проектирование положения изолирующего материала в обводненном слое суперколлектора для пятиточечной схемы заводнения нефтяного пласта	144
Хроника	
К юбилею Евгения Евгеньевича Милановского (1923–2012)	156
Конференция «К 100-летию академика Е.Е. Милановского»; МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва	159
Указатель статей и материалов, опубликованных в журнале «Вестник Московского университета. Серия 4. Геология» в 2023 году	165

CONTENTS

Nikishin A.M., Skolotnev S.G., Foulger G.R., Rodina E.A., Aleshina K.F., Posamentier H.W., Cherkykh A.A. Crustal structure of the Mendeleev Rise in the Arctic Ocean: a synthesis of seismic profiles and rock sampling data	3
Gabdullin R.R., Syromyatnikov K.V., Karpova E.V., Kazurov M.D., Puzik A.Yu., Badyanova I.V., Kazymov K.P., Merenkova S.I., Badulina N.V., Ivanov A.V., Migranov I.R. High-precision cyclic correlation as a basis for detailed paleoclimatic reconstructions for the Crimean-Caucasian region in Jurassic time	16
Kopaevich L.F., Yakovishina E.V., Mitrofanova N.O., Nikishin A.M., Bordunov S.I. Reference section of the upper Maastricht of Mount Klementyeva (South-Eastern Crimea)	24
Bugrova E.M., Latypova M.R., Kopaevich L.F., Gusev A.V. Foraminifera from the clay pulp of mud volcanoes in the Kerch-Taman region: Semigorsky, Andrusov, Borukh-Oba ..	34
Ulyantsev A.S., Polyakova N.V. Elemental composition of bottom sediments and permafrost deposits from the Buor-Khaya Bay (Laptev Sea)	44
Syromyatnikov K.V., Gabdullin R.R., Levitan M.A. Quantification of diagenetic transformations in Eocene-Pleistocene sediments of the Vøring Plateau (Norwegian Sea) related to their environments	55
Ulyantsev A.S., Ivannikov S.I., Bratskaya S.Yu., Charkin A.N. Radioactivity of surface marine sediments of the Chaun Bay. Analysis of natural and anthropogenic environmental factors	67
Kriulina G.Yu., Vyatkin S.V., Bardukhinov L.D., Sedykh E.M., Kopchikov M.B., Garanin V.K. Diamonds of the Pionerskaya pipe — morphology, spectroscopy, prospects ..	77
Vlasov E.A., Mochalov A.G., Vigasina M.F., Shcherbakov V.D., Plechov P.Yu. Platinum group minerals of the Baimka gold placer cluster, Western Chukotka: The new data	87
Salavatova D.S., Bychkov D.A., Fiaizullina R.V. Mercury (II) adsorption on the Maikop series rocks and mud volcano clays	100
Eniosova N.V., Lubkova T.N., Mitoyan R.A., Singh V.K. Chemical composition of the Christian and pagan metal antiquities from the excavations at Medieval Novgorod on the base of interdisciplinary research	109
Stepanov P.Yu., Gomanyuk Ju.A. Algorithms of deep kinematic migration in two-dimensional media	114
Li G., Gainanov V.G., Zverev A.S. Some features of the geological structure of the sediments around Bennett Island from very high resolution seismic data	130
Popov D.D., Pushkarev P.Yu. Sensitivity of magnetotelluric soundings to typical electrical conductivity anomalies in the tectonosphere	134
Potashev K.A., Baushin V.V., Mazo A.B., Ramazanov R.G., Shelepov V.V. Design of the position of the blocking material in the waterflooded high-permeable interlayer of oil reservoir for five-spot flooding scheme	144
 <i>Chronicle</i>	
For the anniversary of Eugeniĭ Eugenevich Milanovskiy (1923–2012)	156
The Conference to the 100th anniversary of Academician E.E. Milanovskiy»; Lomonosov Moscow State University, Moscow	159
<i>Index of articles and materials published in the journal «Moscow University Geology Bulletin. Series 4» in 2023</i>	<i>165</i>

УДК 551.762

doi: 10.55959/MSU0579-9406-4-2023-63-6-16-23

ВЫСОКОТОЧНАЯ ЦИКЛИЧЕСКАЯ КОРРЕЛЯЦИЯ КАК ОСНОВА ДЕТАЛЬНЫХ ПАЛЕОКЛИМАТИЧЕСКИХ РЕКОНСТРУКЦИЙ КРЫМСКО-КАВКАЗСКОГО РЕГИОНА В ЮРСКОЕ ВРЕМЯ

Руслан Рустемович Габдуллин^{1✉}, Кирилл Владимирович Сыромятников²,
Евгения Владимировна Карпова³, Максим Дмитриевич Казуров⁴,
Алексей Юрьевич Пузик⁵, Ирина Владиславовна Бадьянова⁶,
Константин Павлович Казымов⁷, Софья Ивановна Меренкова⁸,
Наталья Викторовна Бадулина⁹, Алексей Викторович Иванов¹⁰,
Искандер Рустамович Мигранов¹¹

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия; gabdullin@fgp.msu.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8296-7191>

² Институт геохимии и аналитической химии имени В.И. Вернадского РАН, Москва, Россия; Sykirv@gmail.com, <https://orcid.org/my-orcid?orcid=0000-0001-8798-4425>

³ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия; karpoff_2002@mail.ru, IstinaResearcherID (IRID): 2916859

⁴ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия; max.kazurov@yandex.ru

⁵ Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия; Томский государственный национальный исследовательский университет, Томск, Россия; alex.puzik@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7148-7344>

⁶ Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия; kataev7@psu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3337-6592>

⁷ Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия; kazymov@psu.ru

⁸ Институт океанологии имени П.П. Ширшова РАН; Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия; koshelevasof@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3204-4393>

⁹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия; nvbadulina@mail.ru, IstinaResearcherID (IRID): 427730

¹⁰ Институт географии РАН; Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия; Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия; yashkovia@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0003-2788-0215>

¹¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия; iskandermig@mail.ru

Аннотация. Проведена астрохронологическая (циклостратиграфическая) привязка литолого-геохимической характеристики юрских отложений Горного Крыма и Кавказа к циклам эксцентриситета орбиты Земли, дан анализ связи установленных вариаций климата и палеотемпературы с моментами совпадения разнопорядковых циклов эксцентриситета и их палеоклиматическая характеристика. Приведены новые данные по палеотемпературам разреза горы Южная Демерджи.

Ключевые слова: циклическая корреляция, литология, геохимия, палеоклиматология, юрский период, Крым, Кавказ

Для цитирования: Габдуллин Р.Р., Сыромятников К.В., Карпова Е.В., Казуров М.Д., Пузик А.Ю., Бадьянова И.В., Казымов К.П., Меренкова С.И., Бадулина Н.В., Иванов А.В., Мигранов И.Р. Высокоточная циклическая корреляция как основа детальных палеоклиматических реконструкций Крымско-Кавказского региона в юрское время // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. 2023. № 6. С. 16–23.

HIGH-PRECISION CYCLIC CORRELATION AS A BASIS FOR DETAILED PALEOCLIMATIC RECONSTRUCTIONS FOR THE CRIMEAN-CAUCASIAN REGION IN JURASSIC TIME

Ruslan R. Gabdullin^{1✉}, Kirill V. Syromyatnikov², Evgeniya V. Karpova³,
Maksim D. Kazurov⁴, Aleksey Yu. Puzik⁵, Irina V. Badyanova⁶, Konstantin P. Kazymov⁷,
Sofya I. Merenkova⁸, Natalya V. Badulina⁹, Aleksey V. Ivanov¹⁰, Iskander R. Migranov¹¹

¹ Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia; gabdullin@fgp.msu.ru

² Vernadsky Institute of Geochemistry and Analytical Chemistry RAS, Moscow, Russia; sykirv@gmail.com

³ Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia; karpoff_2002@mail.ru

⁴ Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia; max.kazurov@yandex.ru

⁵ Perm State National Research University, Perm, Tomsk State National Research University, Tomsk, Russia; alex.puzik@mail.ru

⁶ Perm State National Research University, Perm, Russia; kataev7@psu.ru

⁷ Perm State National Research University, Perm, Russia; kazymov@psu.ru

⁸ Shirshov Institute of Oceanology of the Russian Academy of Sciences; Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia; koshelevasof@mail.ru

⁹ Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia; nvbadulina@mail.ru¹⁰ Institute of Geography RAS; Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia; Tambov State Technical University, Tambov, Russia; yashkovia@mail.ru¹¹ Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia; iskandermig@mail.ru

Abstract. An astrochronological (cyclostratigraphic) binding of the lithological and geochemical characteristics of the Jurassic deposits of the Mountainous Crimea and the Caucasus to the cycles of eccentricity of the Earth's orbit is carried out, an analysis of the relationship between the established variations of climate and paleotemperature with the moments of coincidence of different-order cycles of eccentricity and their paleoclimatic characteristics is given. New data on paleotemperatures of the Southern Demerdzhi mountain section are presented.

Keywords: cyclic correlation, lithology, geochemistry, paleoclimatology, Jurassic period, Crimea, Caucasus

For citation: Gabdullin R.R., Syromyatnikov K.V., Karpova E.V., Kazurov M.D., Puzik A.Yu., Badyanova I.V., Kazymov K.P., Merenkova S.I., Badulina N.V., Ivanov A.V., Migranov I.R. High-precision cyclic correlation as a basis for detailed paleoclimatic reconstructions for the Crimean-Caucasian region in Jurassic time. *Moscow University Geol. Bull.* 2023; 6: 16–23. (In Russ.).

Введение. Для корректных палеогеографических реконструкций необходима детальная стратиграфическая основа, ею может служить циклостратиграфическая шкала, предложенная для разрезов мезозоя и кайнозоя Северной Евразии Р.Р. Габдуллиным [Габдуллин, 2023]. Конкурентным преимуществом астрохронологии стала ее возможность осуществлять корреляционные построения различного уровня детальности в общепланетарном масштабе. Также долгопериодические вариации климата, связанные с циклами Миланковича (например, с циклами эксцентриситета Земной орбиты), могут выступать в качестве климатостратиграфической основы в целом глобального масштаба (за исключением локального фактора, влияющего на климатическую систему в конкретном месте).

Точность палеогеографических и палеоклиматических реконструкций определяется точностью стратиграфической основы, использованной для этих построений. Повышение ее детальности — ключ к более точным реконструкциям.

В данной работе приведены примеры применения цикло- и климатостратиграфического подходов на разрезах юрских отложений Горного Крыма с целью детализации его климатической истории. Результаты, полученные в ходе исследования, могут быть использованы при проведении учебных геологических практик и геологических экскурсий в Крыму и на Кавказе.

Материалы и методы исследования. Циклостратиграфическая привязка впервые проведена для образований верхнетаврической свиты (Крым), а также эстосадокской, чвежипсинской и илларионовской свит (Кавказ), имеющих геохимическую характеристику [Габдуллин и др., 2014]. Также приведены новые данные по разрезу горы Южная Демерджи.

В ходе полевых работ М.Д. Казуровым (МГУ) в 2022 г. в Горном Крыму было отобрано 18 образцов, на юго-западном склоне г. Ю.Демерджи, крайние точки отбора имеют абсолютные высоты над уровнем моря 690 и 910 м.

Полный геохимический анализ элементов 18 образцов из разреза горы Южная Демерджи выполнен

на волнодисперсионном рентгенофлуоресцентном спектрометре последовательного типа действия S8 «Tiger» фирмы «BRUKER» аналитик А.Ю. Пузик. Аналитические работы выполнены в центре коллективного пользования Пермского государственного национального исследовательского университета. Техническая подготовка образцов была выполнена М.Д. Казуровым.

Определение палеотемпературы по индексу выветривания проведено С.И. Меренковой. Индексы выветривания обычно показывают степень истощения пород подвижными элементами относительно неподвижных в процессе химического выветривания. Индекс CIA был впервые предложен в работе [Nesbitt, Young, 1982] и широко используется как показатель интенсивности химического выветривания:

$$CIA = 100 \cdot Al_2O_3 / (Al_2O_3 + CaO^* + Na_2O + K_2O),$$

где CaO^* — некарбонатный CaO , все переменные представляют молярные количества оксидов основных элементов;

$$T = 0,56 \cdot CIA - 25,7 \quad (r^2 = 0,50),$$

где T — температура в °C. Подробнее об этом методе написано в [Габдуллин и др., 2021].

Результаты исследования и их обсуждение. В качестве объектов исследования выбраны образования верхнетаврической свиты Крыма (верхний плинсбах — нижний аален) и отложения эстосадокской, чвежипсинской и илларионовской свит Кавказа (геттанг — нижний аален), а также образования демерджийской свиты (оксфорд (средний оксфорд) — ранний кимеридж (кимеридж) и ялтинской свиты (титон).

В верхнетаврической свите толщи I–III (аргиллитовая, с «табачными» песчаниками, тонкоритмичного флиша) коррелируют с 31 циклом эксцентриситета четверного порядка ЦШ (рис. 1), а толщина IV (разноритмичного флиша) отвечает 32 циклу эксцентриситета четверного порядка ЦШ. Толщина V аргиллитового флиша соответствует 53 и 54 циклу эксцентриситета третьего порядка ЦШ.

Эстосадокская свита (рис. 2) соответствует 28–30 циклам и частично 31-му циклу эксцентриситета



Рис. 1. Геохимическая и палеотемпературная характеристика отложений позднего плейстоцена — раннего аалена Горного Крыма, привязанная к циклостратиграфической шкале по [Габдуллин, 2023]. Синим цветом показаны циклы эксцентриситета, оранжевым — относительного потепления. Палеотемпературные кривые: А — по [Климат..., 2004], Б — по [Габдуллин и др., 2014]; сводные кривые для бассейнов низких широт по [Габдуллин, 2021, 2023]: В — для водных масс, Г — среднегодовых температур.

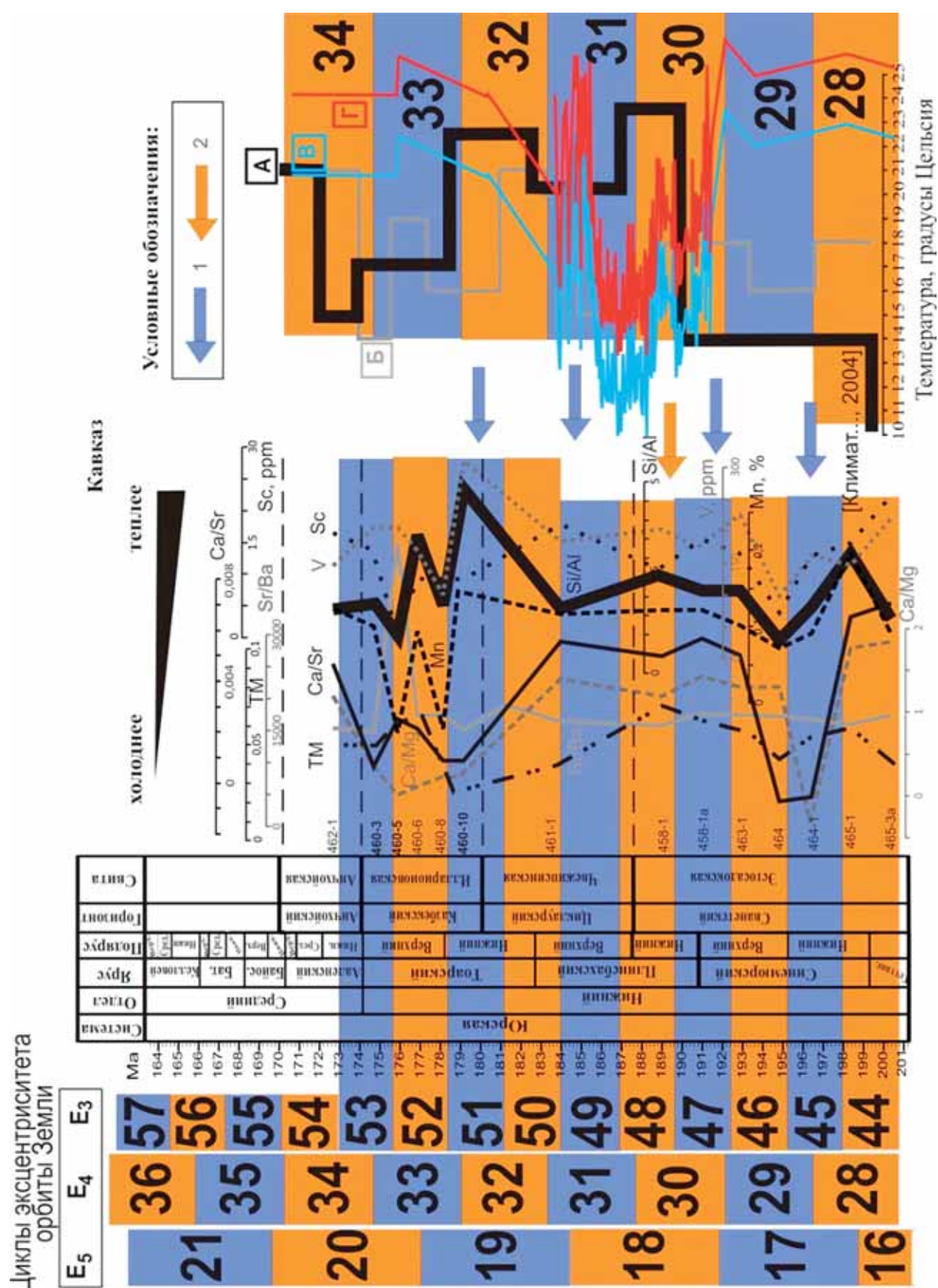


Рис. 2. Геохимическая и палеотемпературная характеристика отложений геттанга — раннего аалена Кавказа, привязанная к циклостратиграфической шкале по [Габдуллин, 2023]. Фазы совпадения разнопорядковых циклов экстремитета: 1 — моменты относительного похолодания климата, 2 — моменты относительного потепления климата. Обозначения см. рис. 1

четверного порядка ЦШ, чвежепсинская — большим частям 31 и 32 циклам, илларионовская — интервалу с 32 по 34 циклам эксцентриситета четверного порядка ЦШ.

Ранняя — средняя эпоха юрского периода.

На рис. 1 показаны вариации геохимических индикаторов температуры (концентрация Ca , Al_2O_3 и TiO_2 , отношение Ca/Mn , Si/Al , титановый модуль (ТМ)) для осадков верхнетаврической свиты Крыма, привязанные к шкале времени [по Габдуллин и др., 2014] и к циклостратиграфической шкале [Габдуллин, 2023] — циклам эксцентриситета третьего (длительность — 1,29 млн лет), четвертого (2,03 млн лет) и пятого (3,4 млн лет) порядков. В предложенной циклостратиграфической шкале для мезозоя и кайнозоя нумерация циклов начинается с триаса, проведено выделение циклов, отвечающих относительному потеплению (показаны оранжевым цветом) и похолоданию (показаны синим цветом).

При анализе характера вариаций геохимических индикаторов температуры видна не только синхронность их флуктуаций, но и корреляция с циклами эксцентриситета, особенно с циклами третьего порядка продолжительностью 1,29 млн лет. Также из корреляции видно, что эпохи (циклы эксцентриситета) относительного похолодания (синий цвет) соответствуют понижению температуры по геохимическим показателям в осадках верхнетаврической свиты и, соответственно, наоборот.

На рис. 2 приведены вариации геохимических индикаторов температуры для разрезов Кавказа по [Габдуллин и др., 2014]) в привязке к циклостратиграфической шкале [Габдуллин, 2023]. Большинство индикаторов температуры коррелируют с циклами эксцентриситета третьего порядка, а точнее — с чередованием относительно «теплых» и «холодных» циклов.

В правой части рис. 1 и 2 приведены палеотемпературные кривые по литературным данным (А, по [Климат..., 2004]), для Крымского трога (Б по [Габдуллин и др., 2014]) и для низких широт по [Габдуллин, 2023]: В — температура морских вод (SWT), Г — средняя годовая температура (MAT)). Все выше перечисленные кривые демонстрируют циклические вариации и коррелируют с «холодными» и «теплыми» циклами эксцентриситета разных порядков циклостратиграфической шкалы (ЦШ). В частности кривые А–Г в большей степени коррелируют с циклами эксцентриситета четвертого порядка. Наиболее заметная смена температуры отвечает моментам совпадения разнопорядковых циклов эксцентриситета (показаны стрелками на рис. 2). Значения температур на сводных кривых для бассейнов низких широт (Тетиса) по [Габдуллин, 2023] либо выше, либо близко к величинам палеотемператур в разрезах Крыма и Кавказа.

Предложенная циклостратиграфическая шкала [Габдуллин, 2023] дает возможность более точно осуществлять корреляцию, используя климатостра-

тиграфический подход, а также повышать уровень точности стратиграфических построений в монотонных циклично построенных разрезах флишевой формации. Палеоклиматическая история Центрального и Восточного Тетиса в юрско-четвертичное время приведена в работе [Габдуллин и др., 2021].

Средняя — поздняя эпоха юрского периода.

Разрез горы Южная Демерджи сложен верхнеюрскими терригенными отложениями, которые сформировались в задуговом бассейне в дельте гильбертова типа на завершающей стадии киммерийского тектонического этапа [Пискунов и др., 2012]. Разрез хорошо изучен, результаты приведены в серии работ [Чернов, 1963, 1971; Андрухович, Туров, 2002; Nikishin et al., 2003; Милеев и др., 2006; Пискунов и др., 2012; Рудько и др., 2014, 2018, 2019; Vincent et al., 2018; Блага, Погомий, 2021].

Терригенные отложения представлены конгломератами, которые можно разделить на две толщи (рис. 3).

Толща I представлена конгломератами, среди которых преобладают средне-крупногалечные плохо-среднесортированные конгломераты, чередующиеся с плохо-среднесортированными мелкогалечными конгломератами. Цвет конгломератов от серого до бурого, сортировка средняя — плохая, состав галек полимиктовый. Конгломераты залегают на породах таврической серии, контакт между ними задернован. Возраст толщи условно принимается оксфорд-киммериджским(?) [Пискунов и др., 2012]. Мощность выхода толщи в области наблюдения около 160 м.

Толща II представлена конгломератами с горизонтами слабо-неокатанных карбонатных брекчий. Конгломераты имеют разность от крупно- до мелкогалечных, плохо-среднесортированных, в основном серого цвета, состав галек полимиктовый. Возраст толщи условно принимается титонским(?) [Пискунов и др., 2012]. Залегают несогласно с конгломератами толщи I. Ее мощность не менее 300 м.

Граница между толщей I и толщей II находится на уровне 800 м над уровнем моря.

Согласно объяснительной записке к государственной геологической карте L-36 — Симферополь [Объяснительная..., 2019] изученный интервал разреза отвечает демерджийской свите (средний оксфорд-ранний киммеридж) и ялтинской свиты (титон). В нижней части демерджийской свиты наблюдается переслаивание песчаников разнозернистых, в ее средней части — с конгломератами разно-галечными и гравелитами. Выше — с прослоями органогенных известняков. В верхней ее части — известняки органогенно-обломочные, кораллово-детритовые, водорослево-криноидные с прослоями гравелитов. До 800 м. Ялтинская свита (ранний-средний титон) — это известняки, в том числе кораллово-водорослевые, до 900 м [Объяснительная..., 2019].

Образцы были отобраны для проведения полного геохимического анализа элементов. По резуль-

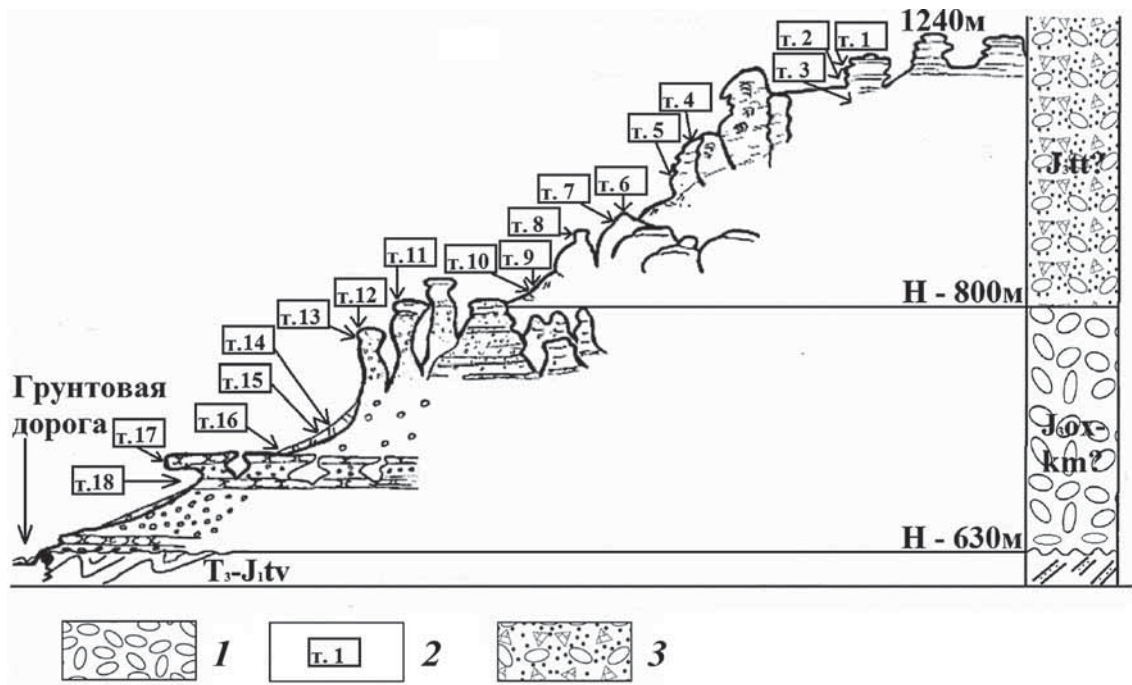


Рис. 3. Юго-западный склон горы Южная Демерджи: 1 — конгломераты, 2 — конгломераты с карбонатными брекчиями, 3 — точки отбора образцов

татам геохимического анализа матрикса (цемента) конгломератов было проведено определение палеотемпературы по индексу выветривания (рис. 4).

Полученный диапазон значений палеотемператур от 7,5 до 11,5 °С характеризует верхнеоксфордский-нижнетитонский интервал как холодный период времени. При этом этот интервал возможно разделить на две фазы. Верхний оксфорд и начало нижнего титона характеризуются температурами больше 9 °С, что говорит о времени относительного потепления, а нижний титон с температурами от 9 °С и меньше соответствует фазе относительного похолодания.

Далее, с использованием циклостратиграфической шкалы [Габдуллин, 2023] была осуществлена астрохронологическая привязка палеотемпературной кривой (рис. 5).

На рис. 5, в его левой части показан фрагмент циклостратиграфической шкалы [Габдуллин, 2023] для позднекембрийско-мальмского времени с фазами совмещения разнопорядковых циклов эксцентриситета (горизонтальные линии), а в правой — палеотемпературные кривые. Врезка А — фрагмент сводных кривых для низких широт Северного полушария [Габдуллин, 2023], где синим цветом отображена температура морских вод (SWT), а красным — средняя годовая температура (MAT)). При этом видно, что на сводной палеотемпературной кривой кимеридж-титонский интервал показан пунктиром ввиду дефицита данных. На врезке Б виден график среднегодовой палеотемпературы, рассчитанный по индексу выветривания для разреза горы Южная Демерджи, привязанный к ЦШ (к циклам эксцентриситета четвертого порядка). Графики на

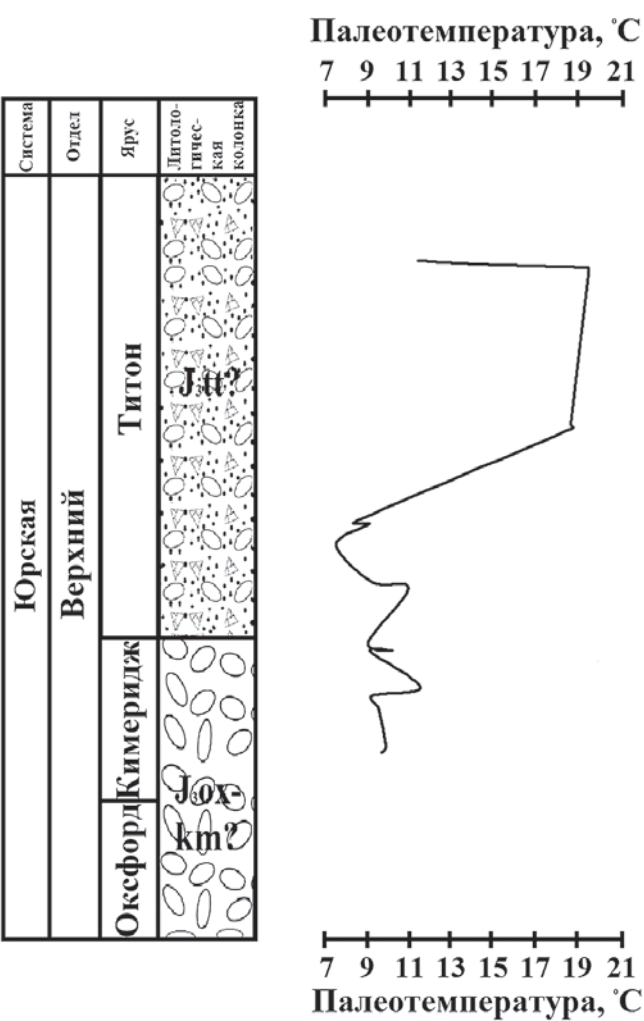


Рис. 4. Палеотемпературная кривая для толщ I и II юго-западного склона горы Южная Демерджи

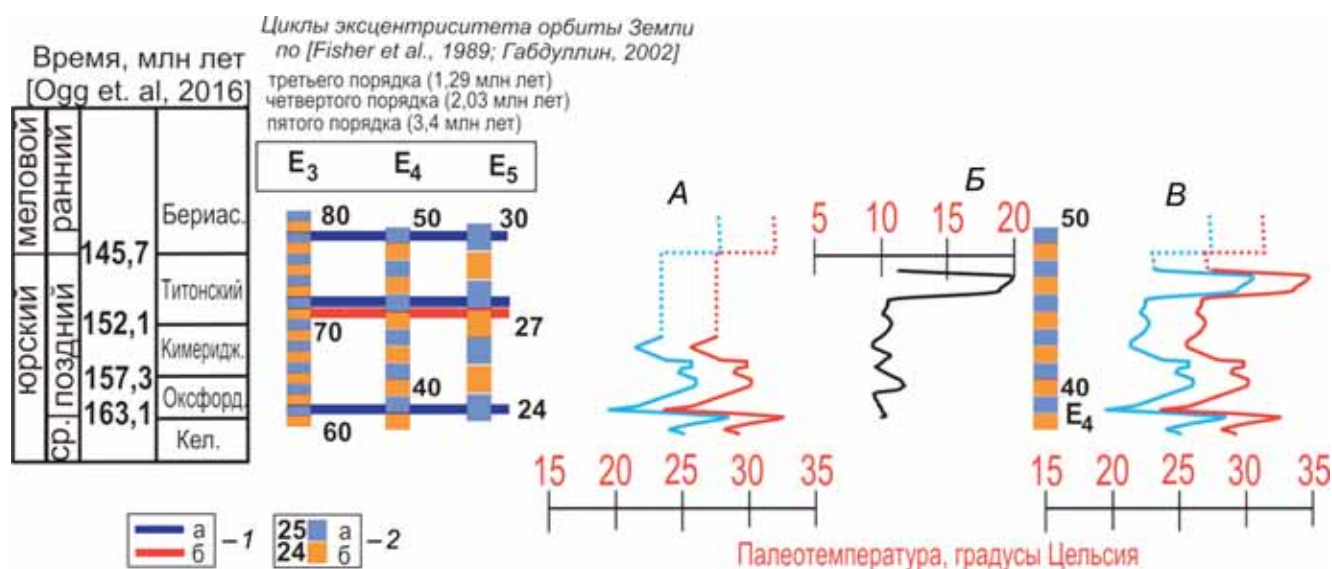


Рис. 5. Палеоклиматические вариации в оксфорд-титонское время в Горном Крыму, привязанные к циклостратиграфической шкале [по Габдуллин, 2021, 2023]. На врезках: А — сводные палеотемпературные кривые для Тетиса и его периферии [по Габдуллин и др., 2021]; Б — палеотемпературная кривая для разреза горы Южная Демерджи; В — скорректированные сводные палеотемпературные кривые для Тетиса и его периферии с учетом данных по разрезу горы Демерджи: 1 — фазы совпадения разнопорядковых циклов эксцентриситета (а — отвечающие фазам относительного похолодания климата, б — отвечающие фазам относительного потепления климата); 2 — циклы эксцентриситета и их порядковый номер (а — отвечающие фазам относительного похолодания климата, б — отвечающие фазам относительного потепления климата). Температурные кривые для водных масс показаны синим цветом, красным — кривые среднегодовых температур. Остальные пояснения в тексте

врезках А и Б хорошо коррелируют друг с другом и с ЦШ, что дает возможность усовершенствовать сводные палеотемпературные графики для низких широт Северного полушария (с дефицитом данных) фрагментом палеотемпературной кривой, полученной для разреза Южная Демерджи.

Вариации палеотемператур в разрезе горы Демерджи коррелируют с циклами эксцентриситета четвертого порядка и астрохронологически соответствуют диапазону с 38 по 48 цикл эксцентриситета циклостратиграфической шкалы для мезо-кайнозойских отложений по [Габдуллин, 2023].

Заключение. Проведена астрохронологическая привязка стратонов юрской системы Крыма и Кавказа к циклостратиграфической шкале (ЦШ). В верхнетааврической свите толщи I–III (аргиллитовая, с «табачными» песчаниками, тонкоритмичного флиша) коррелируют с 31 циклом эксцентриситета четвертого порядка ЦШ (рис. 1), а толща IV (разноритмичного флиша) отвечает 32 циклу эксцентриситета четвертого порядка ЦШ. Толща V аргиллитового флиша соответствует 53 и 54 циклу эксцентриситета третьего порядка ЦШ.

Этосадокская свита (рис. 2) соответствует 28 — 30 циклам и частично 31-му циклу эксцентриситета четвертого порядка ЦШ, чвежепсинская — большим частям 31 и 32 циклам, илларионовская — интервалу с 32 по 34 циклам эксцентриситета четвертого порядка ЦШ.

Вариации палеотемператур в разрезе горы Демерджи коррелируют с циклами эксцентриситета четвертого порядка и астрохронологически соответ-

ствуют диапазону с 38 по 48 цикл эксцентриситета циклостратиграфической шкалы для мезо-кайнозойских отложений по [Габдуллин, 2023].

Наиболее заметная смена температуры отвечает моментам совпадения разнопорядковых циклов эксцентриситета. Значения температур на сводных кривых для бассейнов низких широт (Тетиса) по [Габдуллин, 2021, 2023] либо выше, либо близко к величинам палеотемператур в разрезах Крыма и Кавказа.

Полученный диапазон значений палеотемператур в разрезе горы Южная Демерджи от 7,5 до 11,5 °С характеризует верхнеоксфордский-нижнетитонский интервал как холодный период времени. При этом этот интервал возможно разделить на две фазы. Верхний оксфорд и начало нижнего титона характеризуются температурами больше 9 °С, что говорит о времени относительного потепления, а нижний титон, с температурами от 9 °С и меньше, соответствует фазе относительного похолодания.

Финансирование. Участие Р.Р. Габдуллина осуществлялось при финансовой поддержке Междисциплинарной научно-образовательной школы Московского университета «Математические методы анализа сложных систем», участие А.Ю. Пузика — при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (проект № 2019-0858), участие С.И. Меренковой — в рамках темы государственного задания FMWE-2021-0006, участие К.В. Сыромятникова — при финансовой поддержке госзаказа ГЕОХИ РАН, участие Н.В. Бадулиной — в рамках темы государственного задания № АААА-А16-116033010119-4

«Геодинамика полярных и приполярных областей Российской Федерации», участие А.В. Иванова осуществлялось при финансовой поддержке государственных заданий Музея землеведения МГУ № АААА-А16-116042010089-2 «Биосферные функции экосистем, их компонентов и рациональное природопользование» (научный руководитель — проф. А.В. Смуров) и № АААА-А16-116042710030-7 «Музееведение и образование музейными средствами

в области наук о Земле и жизни» (научный руководитель — проф. В.В. Снакин), в рамках темы государственного задания Института географии РАН № АААА-А19-119021990093-8 (FMGE-2019-0007) «Оценка физико-географических, гидрологических и биотических изменений окружающей среды и их последствий для создания основ устойчивого природопользования», научный руководитель член-корр. РАН А.А. Тишков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андрухович А.О., Туров А.В. Сравнительная характеристика титон-берриасских отложений Караби-яйлы и Демерджи-яйлы (Горный Крым) // Известия вузов. Геология и разведка. 2002. № 2. С. 29–39.
2. Блага Н.Н., Погосий М.А. О формировании останцово-руинного рельефа на северо-западном склоне массива Демерджи (Крым) // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. География. Геология. 2021. Т. 7 (73), № 3. С. 257–266.
3. Габдуллин Р.Р. Высокоточная циклическая корреляция разрезов фанерозоя Северной Евразии как основа для актуальных палеогеографических и палеоклиматических реконструкций: Дисс. ... докт. геол.-минерал. наук. М., 2023. 550 с.
4. Габдуллин Р.Р., Пузик А.Ю., Меренкова С.И. и др. Литолого-геохимическая характеристика и палеоклиматические условия формирования верхнемеловых отложений эпиконтинентального бассейна Русской плиты в районе Ульяновско-Саратовского прогиба // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. 2021. № 2. С. 20–33.
5. Габдуллин Р.Р., Пузик А.Ю., Меренкова С.И. и др. Палеоклиматическая история Центрального и Восточного Тетиса в юрско-четвертичное время // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. 2021. № 4. С. 52–59.
6. Габдуллин Р.Р., Самарин Е.Н., Иванов А.В. и др. Литолого-геохимическая характеристика условий осадконакопления в Крымско-Кавказском троге в раннеюрско-ааленское время (на примере Качинского поднятия и Краснополянской зоны) // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. 2014. № 6. С. 34–50.
7. Климат в эпохи крупных биосферных перестроек // Тр. ГИН РАН. Вып. 550 / Гл. ред. М.А. Семихатов, Н.М. Чумаков. М.: Наука, 2004. 299 с.
8. Милеев В. С., Барабошкин Е.Ю., Розанов С.Б. и др. Киммерийская и альпийская тектоника Горного Крыма // Бюлл. Моск. о-ва испыт. природы. Отд. геол. 2006. Т. 81, Вып. 3. С. 22–33.
9. Объяснительная записка. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000. Лист L-36 — Симферополь. СПб.: Изд-во СПб картфабрики ВСЕГЕИ, 2019. 979 с. + 15 ил. (МПП России, Роснедра, ВСЕГЕИ, КРЫМГЕОЛОГИЯ).
10. Пискунов В.К., Рудько С.В., Барабошкин Е.Ю. Строение и условия формирования верхнеюрских отложений района плато Демерджи (Горный Крым) // Бюлл. Моск. о-ва испыт. природы. Отд. геол. 2012. Т. 87, вып. 5. С. 7–23.
11. Рудько С.В., Кузнецов Н.Б., Белоусова Е.А. и др. Возраст, HF-изотопная систематика детритовых цирконов и источник сноса конгломератов г. Южная Демерджи, Горный Крым // Геотектоника. 2019. № 5. С. 36–61.
12. Рудько С.В., Кузнецов А.Б., Пискунов В.К. Стронциевая изотопная хемотратиграфия верхнеюрских карбонатных отложений плато Демерджи (Горный Крым) // Стратиграфия. геол. корреляция. 2014. Т. 22, № 5. С. 52–65.
13. Рудько С.В., Кузнецов Н.Б., Романюк Т.В. и др. Строение и основанный на первых результатах U-Pb-датирования детритных цирконов возраст конгломератов в горах Южная Демерджи (верхняя кора, Горный Крым) // Доклады Академии наук. 2018. Т. 483, № 3. С. 306–309.
14. Чернов В.Г. О составе верхнеюрских конгломератов горы Демерджи в Крыму // Вестник МГУ. 1971. № 2. С. 17–28.
15. Чернов В.Г. Палеогеографические исследования верхнеюрских отложений района г. Демерджи в Крыму // Сборник Научного Студенческого общества (Геол. фак. МГУ имени М.В. Ломоносова). 1963. № 4. С. 3–109.
16. Nesbitt H. W., Young G. M. Early Proterozoic climates and plate motions inferred from major element chemistry of lutites // Nature. 1982. Vol. 299, N 5885. P. 715–717.
17. Nikishin A. M., Korotaev M. V., Ershov A. V., et al. The Black Sea basin: tectonic history and Neogene–Quaternary rapid subsidence modeling // Sedimentary Geology. 2003. Vol. 156. Iss. 1–4. P. 149–168.
18. Vincent S. J., Guo L., Flecker R., et al. Age constraints on intra-formational unconformities in Upper Jurassic–Lower Cretaceous carbonates in northeast Turkey; geodynamic and hydrocarbon implications // Marine and Petroleum Geology. 2018. Vol. 91. P. 639–657.

Статья поступила в редакцию 21.08.2023,
одобрена после рецензирования 02.10.2023,
принята к публикации 22.01.2024