

УДК 551.583.7

Р.Р. Габдуллин¹, А.Ю. Пузик², С.И. Меренкова³, М.Д. Казуров⁴,
Л.Ф. Копаевич⁵, Е.В. Яковичина⁶, С.И. Бордунов⁷, Е.А. Лыгина⁸,
Н.В. Бадулина⁹, И.Р. Мигранов¹⁰

ПАЛЕОКЛИМАТИЧЕСКАЯ ИСТОРИЯ ЦЕНТРАЛЬНОГО И ВОСТОЧНОГО ТЕТИСА В ЮРСКО-ЧЕТВЕРТИЧНОЕ ВРЕМЯ

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»,

119991, Москва, ГСП-1, Ленинские Горы, 1

ФГБОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет»,

614090, Пермь, ул. Генкеля, 4

Институт океанологии имени П.П. Ширшова РАН, 117997, Москва, Нахимовский проспект, 36

Геологический институт РАН, 119017, Москва, Пыжевский пер, 7, стр. 1

Lomonosov Moscow State University, 119991, Moscow, GSP-1, Leninskiye Gory, 1

Perm State National Research University, 614990, Perm, Genkel str., 4

Shirshov Institute of Oceanology RAS, 117997, Moscow, Nahimovskiy prospekt, 36

Geological Institute RAS, 119017, Moscow, Pyzhevsky per., 7, bd. 1

Впервые построены палеотемпературные кривые для водных масс и среднегодовых значений температуры по собственным и опубликованным данным для Центрального и Восточного Тетиса для юрско-четвертичного времени.

Ключевые слова: климатическая система, мезозой, кайнозой, цикличность, геохимия.

Paleotemperature curves for water masses and average annual temperatures were constructed from our own and published data for Central and Eastern Tethys for the Jurassic-Quaternary for the first time.

Key words: climatic system, Mesozoic, Cenozoic, cyclicity, geochemistry.

Введение. К настоящему времени геологами собран большой массив данных о значениях палеотемпературы для океана Тетис и его окраин — Перитетиса. Данные получены в разные годы серией методов и могут иметь как хорошую, так и среднюю сходимость. Как правило, имеются отдельные фрагменты геологической истории, для которых есть определения палеотемпературы по фауне или флоре. Цель нашей работы — составление композитных палеотемпературных кривых (среднегодовой и водных масс) для оценки вари-

аций климата в юрско-четвертичное время для океана Тетис и его окраин.

Материалы и методы исследования. При составлении палеотемпературных кривых (рис. 1) Р.Р. Габдуллиным учитывались данные, взятые из опубликованных источников или полученные коллективом соавторов следующими методами: 1) изотопной палеотермометрии по биогенной (органогенно-обломочной или планктоногенной) горной породе (1.1) или скелетам животных (1.2) — морских беспозвоночных (моллюски, брахиоподы,

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, геологический факультет, кафедра региональной геологии и истории Земли, доцент; *e-mail*: mosgorsun@rambler.ru

² Пермский государственный национальный исследовательский университет, Естественнонаучный институт, лаборатория биогеохимии техногенных ландшафтов, мл. науч. с.; Пермский государственный национальный исследовательский университет, Естественнонаучный институт, кафедра минералогии и петрографии, ст. преп., сектор наноминералогии, инженер; *e-mail*: alex.puzik@mail.ru

³ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, геологический факультет, кафедра региональной геологии и истории Земли, аспирант; Институт океанологии имени П.П. Ширшова РАН, лаборатория палеоэкологии и биостратиграфии, мл. науч. с.; *e-mail*: koshelevasof@mail.ru

⁴ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, геологический факультет, кафедра региональной геологии и истории Земли, аспирант; *e-mail*: max.kazurov@yandex.ru

⁵ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, геологический факультет, кафедра региональной геологии и истории Земли, профессор; *e-mail*: lfkoपाевич@mail.ru

⁶ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, геологический факультет, кафедра региональной геологии и истории Земли, доцент; *e-mail*: yakovichina@mail.ru

⁷ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, геологический факультет, кафедра региональной геологии и истории Земли, вед. науч. с.; Геологический институт РАН, науч. с.; *e-mail*: sib-msu@mail.ru

⁸ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, геологический факультет, кафедра региональной геологии и истории Земли, доцент; *e-mail*: ealygina@mail.ru

⁹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, геологический факультет, кафедра динамической геологии, ст. науч. с.; *e-mail*: nvbadulina@mail.ru

¹⁰ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, геологический факультет, кафедра региональной геологии и истории Земли, студент; *e-mail*: iskandermig@mail.ru

планктонные фораминиферы, остракоды, нанофоссилии) или позвоночных (рыбы, морские крокодилы, морские черепахи); температурный индекс по нанофоссилиям (1.3) [Ovechkina et al., 2019] (№ 21 на рис. 1); 2) по относительному палеотемпературному коэффициенту (ОПК) водных масс [Кисилев, 2004], пересчитанному на значения палеотемпературы (№ 6 на рис. 1); 3) по флоре: по содержанию пыльцы *Classopolis* [Вахрамеев, 1978] (3.1); СА-анализ по сосуществующим комплексам флоры [Utescher et al., 2014] (3.2); средней температуры по флоре [Akhmet'sev, Beniamovski, 2006] (3.3); 4) определения температуры по индексу выветривания (CIA) [Nesbitt, Young, 1982; McLennan, 1993; Li, Yang, 2010; Yang et al., 2014] (подробное изложение на русском языке см. в работе [Меренкова и др., 2020]); 4) определения температуры (SST) по тетраэдрам глицерола диалкилглицерина TEX_{86} [Alsenz et al., 2013] (№ 22 на рис. 1).

Для 40 образцов, отобранных сотрудниками МГУ имени М.В. Ломоносова Р.Р. Габдуллиным, Л.Ф. Копаевич, Е.В. Яковишиной в ходе полевых работ в Абхазии в 2013 г. в меловых (с. Уатхара, № 25 на рис. 1), палеогеновых (рис. 1, № 26 — с. Октомбель, № 27 — Новый Афон, № 28 — с. Аймара) и неогеновых (рис. 1, № 30 — р. Галитга, с. Пакуаш; № 31а, б — с. Карасадых, в — с. Староармянское, р. Кодор) отложениях в 2020 г., был выполнен полный геохимический анализ элементов на волно-дисперсионном рентгенофлуоресцентном спектрометре последовательного типа действия S8 «Tiger» фирмы «BRUKER» (аналитик А.Ю. Пузик, Пермский государственный национальный исследовательский университет). Затем по индексу выветривания С.И. Меренковой (МГУ имени М.В. Ломоносова, Институт океанологии имени П.П. Ширшова РАН) рассчитаны значения палеотемпературы, вынесенные на рис. 1.

Для 130 образцов, отобранных сотрудниками Симферопольской геолого-съёмочной партии из МГУ имени М.В. Ломоносова (Р.Р. Габдуллин, Н.В. Бадулина, Е.В. Яковишина, С.И. Бордунов, Е.А. Лыгина, Е.А. Бакай, А.В. Сергиенко, Т.А. Коновалова, М.А. Варзанова, Д.В. Игдисамов, В.И. Кисилев и др.) в ходе полевых работ в Крыму в юрских (рис. 1, № 7–10 — г. Кыз-Кулле-Бурун, Судак; № 11 — г. Алчак, Судак; № 12 и № 13 — г. Бакаташ, Дачное; № 14 — г. Коба-Кая, мыс Капчик, Новый Свет, г. Алчак, Судак), палеогеновых (рис. 1, № 24 — г. Бор-Кая, г. Ак-Кая, г. Айлянма-Кая (с. Курское), г. Кубалач (с. Тополевка)) отложений в 2016–2019 гг., был выполнен в лабораториях МГУ имени М.В. Ломоносова и ВСЕГЕИ (г. Санкт-Петербург) анализ изотопного состава С и О в карбонатах (по массиву биогенной породы), затем полученные значения пересчитаны на значения палеотемпературы морской воды (SWT).

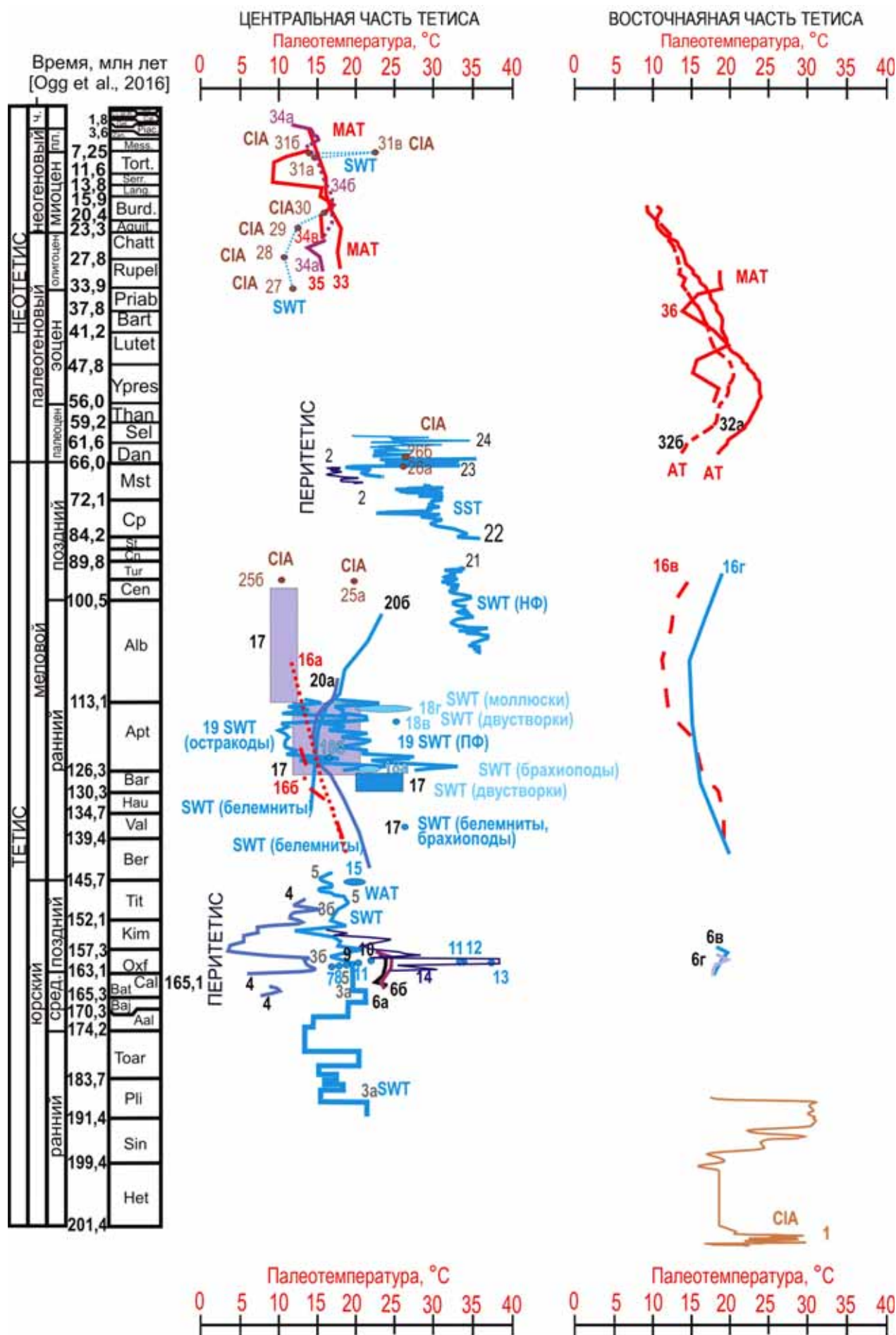
При построении палеотемпературных кривых использованы материалы о изотопной палеотермо-

метрии по массиву биогенных пород маастрихта Крыма и Восточно-Европейской платформы из ранее опубликованных работ с участием ряда соавторов этой статьи [Габдуллин и др., 2015; Бадулина и др., 2016], а также по вариациям климата в юрское время в Крымско-Кавказском тропе [Габдуллин и др., 2014].

В большинстве случаев при определении палеотемпературы для Центрального и Восточного Тетиса исследователи оперируют следующими терминами: SWT — температура морской воды; SST — температура поверхности морской воды; MAT — средняя годовая температура; WAT — средняя температура воды; CIA — температура по индексу выветривания; AT — средняя температура. Для Западного сегмента Тетиса есть много определений SST. В работе [Scotese et al., 2021] использованы следующие термины: GAT — средняя планетарная температура, TT — температура тропического пояса, DOT — температура глубинных вод и др.

В ходе литературного обзора Р.Р. Габдуллиным и М.Д. Казуровым собраны данные определения значений палеотемпературы для Центрального и Восточного Тетиса в юрско-четвертичное время методами изотопной палеотермометрии (номера на рис. 1): 4 — SWT по остракодам, Восточно-Европейская платформа [Тесакова, 2014]; 15 — WAT по морским позвоночным (рыбы, крокодилы, черепахи) из разрезов Франции и Германии (Западный и Центральный Тетис) [Billon-Bruyat et al., 2014]; 16г — по моллюскам и брахиоподам для бассейнов Средней Азии [Вахрамеев, 1978]; по моллюскам (головногигим, двустворчатым, брюхоногим) и брахиоподам (Западное Закавказье, Центральный Тетис) [Ясаманов, 1973]; 18 — по раковинам морских беспозвоночных: а — брахиоподы из нижней зоны нижнего апта Северного Кавказа; б — двустворки из средней зоны нижнего апта Западной Грузии; в — двустворки из нижней части верхнего апта Дагестана); г — моллюски Центрального Кавказа [Захаров и др., 2016]; 19 — изотопная палеотермометрия (Красная Горка, Крым, верхний и нижний апт; Партизанское, Крым, нижний апт) [Карпук, 2016]: а — остракоды, б — планктонные фораминиферы (ПФ); 20 — ростры белемнитов (а — Крым, [по Найдин и др., 1965], б — Кавказ, Центральный Тетис, по [Али-Заде, Алиев, 1975]). Также использованы данные о температурном индексе по нанофоссилиям (Израиль) [Ovechkina, 2019] (№ 21 на рис. 1); а также об относительном палеотемпературном коэффициенте (ОПК) водных масс [Кисилев, 2004], пересчитанном на значения палеотемпературы (№ 6 на рис. 1): а — Крым, б — Северный Кавказ, в — Туаркыр (Казахстан), г — Кугитанг-Тау (Туркменистан и Узбекистан).

При составлении кривых палеотемпературы использовались данные о содержании пыльцы *Classopolis*: а — Юго-Восточный Кавказ,



б — Крым, в — Туркменистан и Узбекистан, по [Вахрамеев, 1978] (№ 16 на рис. 1), данные МАТ СА-анализа (номера на рис. 1): 34а — север Германии; 34б — Карпаты; 34в — Причерноморская низменность), по [Ivanov et al., 2011]; 35 — Паннонская впадина, по [Erdei et al., 2007]; 36 — Северо-Западный Китай [Quan et al., 2012], а также значения, полученные по индексу выветривания (CIA-анализ), Иран (Восточный Тетис), по [Iqbal et al., 2019] (№ 1 на рис. 1).

Результаты исследований и их обсуждение.

Анализируя данные, вынесенные на рис. 1, можно, во-первых, отметить хорошую сходимость результатов разных лет. В частности, для раннего мела Крыма и Кавказа хорошо коррелируют значения палеотемпературы, полученные в 1960–1970-х гг. по моллюскам (головоногим, двустворчатым, брюхоногим) и брахиоподам [Найдин и др. 1965; Ясаманов, 1973; Али-Заде, Алиев, 1975], с результатами определений последних лет по моллюскам, остракодам и планктонным фораминиферам [Захаров и др., 2016; Карпук, 2016; Fisher et al., 2005].

Во-вторых, хорошая сходимость результатов установлена для значений, полученных разными методами: ОПК и изотопной палеотермометрии для средне-позднеюрского рубежа, изотопной палеотермометрии по рострам белемнитов и по содержанию пыльцы Classopolis в берриас-альбском интервале, по изотопной палеотермометрии

валовых проб из биогенных пород и по индексу выветривания для мел-палеогенового рубежа, а также данные СА-анализа и индекс выветривания для палеогенового и неогенового времени.

В-третьих, есть различия по значениям температуры между разными группами морской фауны. Значения, полученные по раковинам относительно более мелководных форм беспозвоночных (брахиопод, пелеципод, гастропод) выше, чем для более глубоководных форм (головоногих моллюсков и фораминифер). Различия могут составлять от 10 до 20 °С для одного и того же диапазона времени.

В-четвертых, отмечена хорошая сходимость значений палеотемпературы для Крымско-Кавказской (Центральной) и Закаспийской (Восточной) частей океана Тетис как по абсолютным значениям, так и по тренду климатической цикличности. Хорошую корреляцию также показывает сравнение значений палеотемпературы для океана Тетис и Центральной Атлантики [Forster et al., 2007; Huber et al., 2002], которая палеогеографически в меловое время представляла собой значительную часть региона, рассматриваемого здесь.

Композитные палеотемпературные кривые.

При составлении палеотемпературных кривых (рис. 2) при наличии большого массива данных использовались наиболее высокие значения палеотемпературы. Для массива данных по разным группам фауны или флоры приоритет в целом отдавали наиболее теплолюбивым формам.

Рис. 1. Палеотемпературные кривые для бассейна Центрального и Восточного Тетиса в юрское-четвертичное время: 1 — CIA-анализ, Иран (Восточный Тетис), по [Iqbal et al., 2019], расчет температуры выполнен С.И. Меренковой (МГУ имени М.В. Ломоносова); 2 — SWT, изотопная палеотермометрия для массива биогенной породы (г. Вольск), по [Бадулина и др., 2016]; 3а — SWT, Крымско-Кавказский трог, по [Габдуллин и др., 2014]; 3б — изотопная палеотермометрия для массива биогенной породы, Ай-Петринская и Байдарская яйлы, Крым, по [Рудько и др., 2017]; 4 — SWT, Восточно-Европейская платформа, изотопная палеотермометрия по остракодам, по [Тесакова, 2014]; 5 — SWT, г. Тас-Тай, Крым, титановый модуль, приведенный к температуре; 6 — относительный палеотемпературный коэффициент (ОПК) водных масс, по [Киселев, 2004], пересчитанный на палеотемпературы: а — Крым, б — Северный Кавказ, в — Туаркыр (Казахстан), г — Кугитанг-Тай (Туркменистан и Узбекистан); 7–10 — SWT, изотопная палеотермометрия для массива биогенной породы (г. Кыз-Кулле-Бурун, Судак, Крым); 11 — SWT, изотопная палеотермометрия для массива биогенной породы (г. Алчак, Судак, Крым); 12, 13 — SWT, изотопная палеотермометрия для массива биогенной породы (г. Бакаташ, Дачное, Крым); 14 — SWT, изотопная палеотермометрия для массива биогенной породы (г. Таракташ, Дачное, Крым); 15 — WAT, изотопная палеотермометрия морских позвоночных (рыбы, крокодилы, черепахи) Франции и Германии (Западный и Центральный Тетис), по [Billon-Bruyat et al., 2005]; 16 — палеотемпературы (а–в — по содержанию пыльцы Classopolis: а — Юго-Восточный Кавказ, б — Крым, в — Туркменистан и Узбекистан; г — по данным изотопной палеотермометрии по моллюскам и брахиоподам для бассейнов Средней Азии, по [Вахрамеев, 1978]; 17 — изотопная палеотермометрия для моллюсков (головоногие, двустворчатые, брюхоногие) и брахиоподы (Западное Закавказье, Центральный Тетис), по [Ясаманов, 1973]; 18 — изотопная палеотермометрия по раковинам морских беспозвоночных: а — брахиоподы из нижней зоны нижнего апта (Ridzewskiy-Turkmenicum, Северный Кавказ; б — двустворки из средней зоны нижнего апта (Deshayesi) Западной Грузии; в — двустворки из нижней части верхнего апта (зона Subnodosocostatum) Дагестана); г — моллюски Центрального Кавказа, по [Захаров и др., 2016]; 19 — изотопная палеотермометрия (Красная Горка, Крым, верхний и нижний апт; Партизанское, Крым, нижний апт), по [Карпук, 2016]; а — остракоды, б — ПФ; 20 — изотопная палеотермометрия по рострам белемнитов (а — Крым, по [Найдин и др., 1965], б — Кавказ, Центральный Тетис, по [Али-Заде, Алиев, 1975]); 21 — изотопная палеотермометрия, температурный индекс по нанофоссилиям (Израиль), по [Ovechkina et al., 2019]; 22 — SST, центр Тетиса, по [Alsenz et al., 2003]; 23 — SWT, изотопная палеотермометрия для массива биогенной породы (г. Беш-Кош, Староселье, Крым); 24 — SWT, изотопная палеотермометрия по массиву биогенной породы (г. Бор-Кая, г. Ак-Кая, г. Айлянма-Кая (с. Курское), г. Кубалач (с. Тополевка), Крым); CIA, палеотермометрия по индексу выветривания: 25 — с. Уатхара (Абхазия); 26 — с. Окомбель (Абхазия); 27 — Новый Афон (Абхазия); 28 — с. Аймара, р. Дуат (Абхазия); 29 — с. Черниговка (Абхазия); 30 — р. Галитта, с. Пакуаш (Абхазия); 31 — Абхазия; а, б — с. Карсадых, в — с. Староармянское, р. Колор; 32 — AT, флора, Казахстан (а — Восточный, б — Северный и Западный), по [Akhmet'sev, Beniamovski, 2006]; 33 — МАТ СА-анализ, по [Utescher et al., 2014] Центральная Европа и Азия (Центральный Тетис), по [Uhl et al., 2007]; 34 — МАТ СА-анализ, Причерноморская низменность, по [Ivanov et al., 2011]; 35 — МАТ СА-анализ, Паннонская впадина, по [Erdei et al., 2007]; 36 — МАТ СА-анализ, северо-запад Китая, по [Quan et al., 2012]. Сокращения: SWT — температура морской воды; SST — температура поверхности морских вод; МАТ — средняя годовая температура; WAT — средняя температура воды; CIA — температура по индексу выветривания; ПФ — планктонные фораминиферы; НФ — нанофоссилии

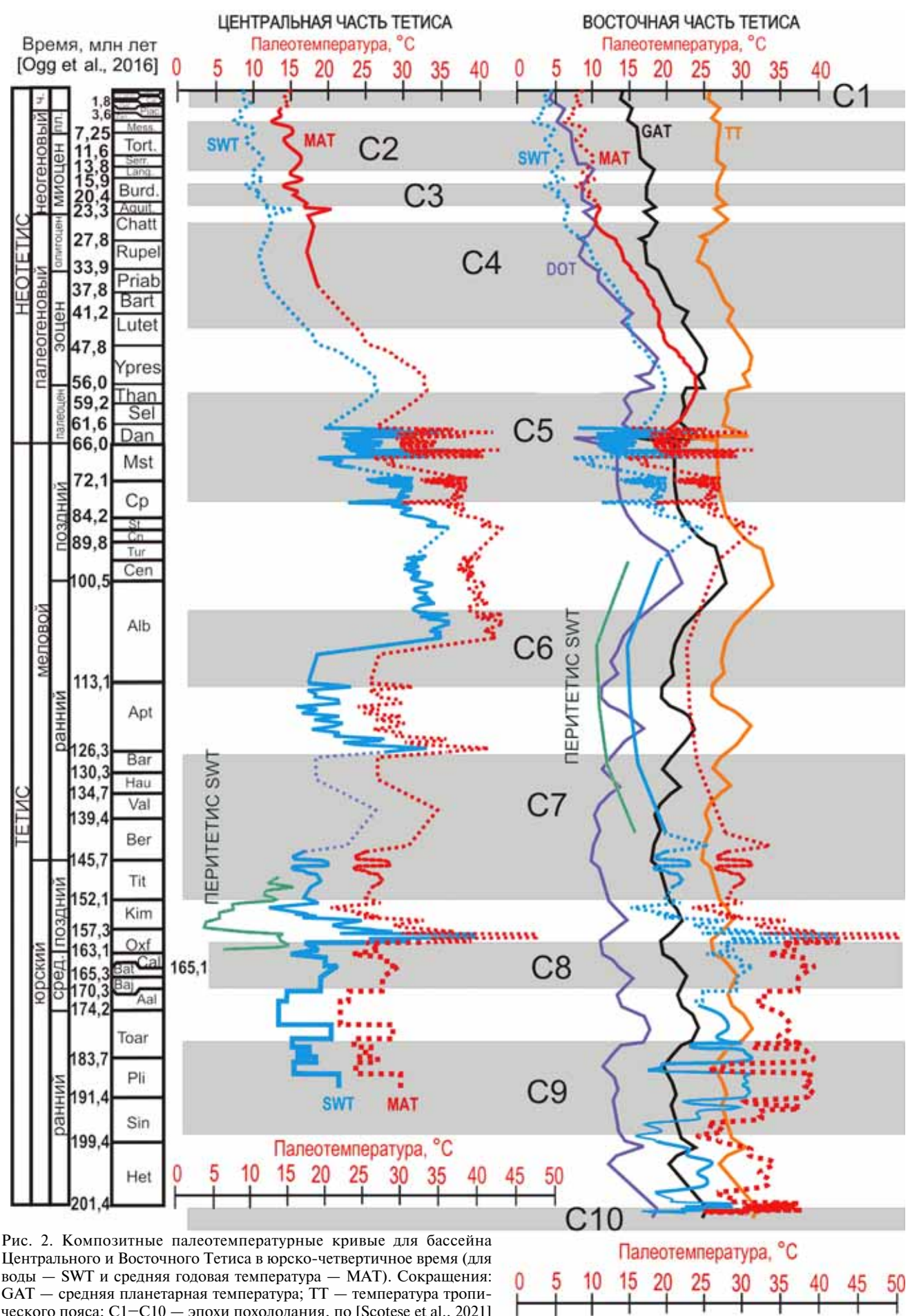


Рис. 2. Композитные палеотемпературные кривые для бассейна Центрального и Восточного Тетиса в юрско-четвертичное время (для воды — SWT и средняя годовая температура — MAT). Сокращения: GAT — средняя планетарная температура; TT — температура тропического пояса; C1–C10 — эпохи похолодания, по [Scotese et al., 2021]

Недостающие фрагменты данных для отдельных диапазонов юрско-четвертичной геологической истории Крымско-Кавказской (Центральной) и Закаспийской (Восточной) частей Тетиса были по аналогии дополнены фрагментами палеотемпературных кривых из соседней части Тетиса (рис. 2). В итоге составлены температурные кривые для воды (SWT по морской фауне) и кривые среднегодовых значений температуры (MAT по флоре).

Палеоклиматическая история Центрального и Восточного Тетиса в юрское-четвертичное время. Характер полученных кривых показывает климатическую цикличность, совпадающую с основными этапами похолодания (C1–C9 на рис. 2) по [Scotese et al., 2021]: с четвертичным (C1), позднелангйско-мессинским (C2), позднеаквитанским-среднебурдигальским (C3), позднелютетским-среднехаттским (C4), среднекампанским-среднетанетским (C5), ранне-среднеальбским (C6), титон-барремским (C7), байос-среднеоксфордским (C8), синемюрско-раннетюарским (C9).

В юрско-четвертичной истории выделяется 9 этапов потепления и похолодания климата, которые прослеживаются на построенных кривых для Тетиса и кривых по [Scotese et al., 2021]. Из этой же работы на рис. 2 для восточной части Тетиса для сравнения вынесены кривые температуры глубинных вод (DOT), средней планетарной температуры (GAT) и температуры тропического пояса (TT). Значения SWT для Перитетиса в среднем на 5 °C ниже, чем для Тетиса. Для четвертичного этапа кривые SWT и MAT для Тетиса построены по аналогии с кривыми DOT и GAT в работе [Scotese et al., 2021].

Для раннеюрского этапа значения палеотемпературы на составленных кривых (MAT и SWT) для Тетиса выше величин средней планетарной температуры (GAT) и температуры тропического пояса (TT). Для Центрального Тетиса SWT составляет 13–22 °C, MAT 21–29 °C, для Восточного Тетиса SWT — 16–31 °C, MAT — 25–39 °C. Для среднеюрско-оксфордского этапа эти же значения (SWT и MAT) для Тетиса выше значений температуры глубинных вод (DOT), GAT и TT. Для Центрального Тетиса SWT — 13–38 °C, MAT 23–45 °C, для Восточного SWT составляет 24–40 °C, MAT — 25–39 °C. Для кимеридж-бериасского этапа величины SWT и MAT Тетиса выше значений GAT и TT. Для Центрального Тетиса SWT — 11–21 °C, MAT 19–29 °C, для Восточного Тетиса SWT — 14–24 °C, MAT 21–31 °C. Для мелового этапа величины SWT и MAT Тетиса лежат в пределах значений DOT, GAT и TT. Для Центрального Тетиса SWT — 14–38 °C, MAT — 23–47 °C, для Восточного Тетиса SWT — 7–25 °C, MAT — 15–34 °C. В частности, значения температуры для Тетиса в диапазоне 30–35 °C на сеноман-туронском рубеже характерны для Атлантического океана (скв. 1260, пробуренная по программе ODP) [Forster, Schouten,

Moriya et al., 2007]. Для датско-рюпельского этапа значения SWT и MAT Тетиса лежат в пределах значений DOT и GAT. Для Центрального Тетиса SWT — 17–34 °C, MAT 18–43 °C, для Восточного Тетиса SWT — 7–25 °C, MAT — 12–30 °C. С хаттского времени величины SWT для Тетиса меньше значений DOT, а величины MAT — в пределах значений DOT. С хаттского времени для Центрального Тетиса SWT — 8–14 °C, MAT — 13–21 °C, для Восточного SWT — 2–5 °C, MAT — 6–10 °C.

Заключение. По собственным и литературным данным составлены кривые для температуры океанических вод (SWT) и средней годовой температуры (MAT) для юрско-четвертичного этапа геологической истории Центральной и Восточной частей океана Тетис.

Отмечена хорошая сходимость значений палеотемпературы для Крымско-Кавказской (Центральной) и Закаспийской (Восточной) частей Тетиса как по абсолютным значениям, так и по тренду климатической цикличности. Значения SWT для Перитетиса в среднем на 5 °C ниже, чем для океана Тетис.

Характер полученных кривых показывает климатическую цикличность, совпадающую с основными этапами похолодания (C1–C9), по [Scotese et al., 2021]: четвертичный (C1), позднелангйско-мессинский (C2), позднеаквитанский-среднебурдигальский (C3), позднелютетский-среднехаттский (C4), среднекампанский-среднетанетский (C5), ранне-среднеальбский (C6), титон-барремский (C7), байос-среднеоксфордский (C8), синемюрско-раннетюарский (C9).

Для раннеюрского этапа для Центрального Тетиса SWT — 13–22 °C, MAT — 21–29 °C, для Восточного Тетиса SWT — 16–31 °C, MAT — 25–39 °C. Для среднеюрско-оксфордского этапа для Центрального Тетиса SWT — 13–38 °C, MAT — 23–45 °C, для Восточного Тетиса SWT — 24–40 °C, MAT — 25–39 °C. Для кимеридж-бериасского этапа для Центрального Тетиса SWT — 11–21 °C, MAT — 19–29 °C, для Восточного Тетиса SWT — 14–24 °C, MAT — 21–31 °C. Для мелового этапа для Центрального Тетиса SWT — 14–38 °C, MAT — 23–47 °C, для Восточного Тетиса SWT — 7–25 °C, MAT — 15–34 °C. Для датско-рюпельского этапа для Центрального Тетиса SWT — 17–34 °C, MAT — 18–43 °C, для Восточного Тетиса SWT — 7–25 °C, MAT — 12–30 °C. С хаттского времени для Центрального Тетиса SWT — 8–14 °C, MAT — 13–21 °C, для Восточного Тетиса SWT — 2–5 °C, MAT — 6–10 °C.

Финансирование. Работа поддержана РФФИ (проекты № 18-05-00503, № 18-05-00495), частично выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ (проект № 2019-0858), Программы деятельности научно-образовательного центра мирового уровня «Рациональное недропользование» на 2019–2024 годы и при финансовой поддержке

Минобрнауки России (распоряжение Правительства РФ от 30 апреля 2019 г. № 537). Исследование выполнено при поддержке Междисциплинарной

научно-образовательной школы Московского университета «Математические методы анализа сложных систем».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Али-Заде Ак.А., Алиев С.А. Изотопные палеотемпературы аптских бассейнов Юго-Восточного Кавказа // Геохимия. 1975. № 10. С. 1585–1589.

Бадулина Н.В., Яковичина Е.В., Габдуллин Р.Р. и др. Литолого-геохимическая характеристика и условия формирования верхнемеловых разрезов Северного Перитетиса // Бюлл. МОИП. Отд. геол. 2016. Вып. 4–5. С. 136–147.

Вахрамеев В.А. Климаты Северного полушария в меловом периоде и данные палеоботаники // Палеонтол. журн. 1978. № 2. С. 3–17.

Габдуллин Р.Р., Самарин Е.Н., Иванов А.В. и др. Литолого-геохимическая характеристика условий осадконакопления в Крымско-Кавказском тропе в раннеюрско-ааленское время (на примере Качинского поднятия и Краснополянской зоны) // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. 2014. № 6. С. 34–50.

Габдуллин Р.Р., Самарин Е.Н., Иванов А.В. и др. Литолого-геохимическая и палеоэкологическая характеристика условий осадконакопления в Горном Крыму в маастрихтском веке // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. 2015. № 6. С. 39–56.

Захаров Ю.Д., Какабадзе М.В., Шарикадзе М.З. и др. Предварительные данные по изотопному составу аптских брахиопод и моллюсков Кавказа // Меловая система России и ближнего зарубежья: проблемы стратиграфии и палеогеографии / Под ред. Е.Ю. Барабошкина. Симферополь: Изд. дом Черноморпресс, 2016. С. 118–120.

Карпук М.С. Остракоды верхнего баррема–апта Горного Крыма: стратиграфическое значение и палеоэкология: Автореф. канд. дисс. М., 2016. 25 с.

Кисилев Д.Н. Динамика термического режима келловей–оксфордских морей северо-западной Евразии по относительным палеотемпературным данным // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2004. Т. 12, № 4. С. 32–53.

Рудько С.В., Кузнецов А.Б., Покровский Б.Г. Стратиграфия, ^{13}C и ^{18}O отложений Крымской карбонатной платформы (поздняя юра, Северный Перитетис) // Литология. Полезные ископаемые. 2017. № 6. С. 58–77.

Меренкова С.И., Серегина И.Ф., Габдуллин Р.Р. и др. Реконструкция палеосолёности и батиметрии Еникальского пролива в восточной части океана Паратетис в сарматское время по геохимическим данным // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. 2020. № 3. С. 37–46.

Найдин Д.П., Тейс Р.В., Задорожный И.К. Некоторые новые данные о температурах маастрихтских бассейнов Русской платформы и сопредельных областей по изотопному составу кислорода в рострах белемнитов // Геохимия. 1964. № 10. С. 971–979.

Тесакова Е.М. Реконструкция палеотемператур Среднерусского моря в средней и поздней юре по остракодам // Проблемы палеоэкологии и исторической геоэкологии: Сб. тр. Всеросс. научн. конф., посвященной памяти профессора В.Г. Очева / Под ред. А.В. Иванова. Саратов: Саратов. гос.-техн. ун-т, 2014. С. 133–147.

Ясаманов Н.А. Новые данные о температурных условиях раннемелового бассейна Западного Закавказья // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1973. № 7. С. 145–148.

Akhmet's'ev M.A., Beniamovski V.N. The Paleocene and Eocene in the Russian part of West Eurasia // Stratigr. Geol. Correl. 2006. Vol. 14. P. 49–72.

Alsenz H., Regnery J., Ashckenazi-Polivoda S. et al. Sea surface temperature record of a Late Cretaceous tropical Southern Tethys upwelling system // Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. 2013. Vol. 392. P. 350–358.

Billon-Bruyat J.-P., Lécuyer C., Martineau F. et al. Oxygen isotope compositions of Late Jurassic vertebrate remains from lithographic limestones of western Europe: implications for the ecology of fish, turtles, and crocodilians // Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. 2005. Vol. 216, Iss. 3–4. P. 359–375.

Erdei B., Hably L., Kázmér M. et al. Neogene flora and vegetation development of the Pannonian domain in relation to palaeoclimate and palaeogeography // Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. 2007. Vol. 253, Iss. 1–2. P. 115–140.

Fisher J.K., Price G.D., Hart M.B. et al. Stable isotope analysis of the Cenomanian–Turonian (Late Cretaceous) oceanic anoxic event in the Crimea // Cretac. Res. 2005. Vol. 26, N 6. P. 853–863.

Forster A., Schouten S., Moriya K. et al. Tropical warming and intermittent cooling during the Cenomanian/Turonian oceanic anoxic event (OAE 2): sea surface temperature records from the equatorial Atlantic // Paleoclimatology. 2007. Vol. 22. PA1219.

Iqbal Sh., Wagreich M., Irfan U. et al. Hot-house climate during the Triassic/Jurassic transition: The evidence of climate change from the southern hemisphere (Salt Range, Pakistan) // Global and Planetary Change. 2019. Vol. 172. P. 15–32.

Ivanov D., Utescher T., Mosbrugger V. et al. Miocene vegetation and climate dynamics in Eastern and Central Paratethys (Southeastern Europe) // Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. 2011. Vol. 304, Iss. 3–4. P. 262–275.

Huber B.T., Norris R.D., Macleod K.G. Deep-Sea paleo-temperature record of extreme warmth during the Cretaceous // Geology. 2002. Vol. 30. N 2. P. 123–126.

Li C., Yang S.Y. Is chemical index of alteration (CIA) a reliable proxy for chemical weathering in global drainage basins? // Amer. J. Sci. 2010. Vol. 310, N 2. P. 111–127.

McLennan S.M. Weathering and Global Denudation // J. Geol. 1993. Vol. 101. P. 295–303.

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.

Ogg J., Ogg G., Gradstein F. A concise geologic time scale. Elsevier, 2016. 240 p.

Ovechkina M.N., Erba E., Bottini C. Calcareous nannoplankton proxies for palaeoenvironmental reconstruction of the Albian–Cenomanian succession in North-western Israel (Mount Carmel Region) // Marine Micropaleontology. 2019. Vol. 152. Publ. N 101742.

Quan C., Liu Y.-Sh., Utescher T. Paleogene temperature gradient, seasonal variation and climate evolution of northeast China // Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. 2012. Vol. 313–314. P. 150–161.

Scotese C.R., Song H., Mills B.J.W. et al. Phanerozoic paleotemperatures: The earth's changing climate during the last 540 million years // *Earth Sci. Rev.* 2021. Vol. 215. Publ. N 103503.

Uhl D., Klotz S., Traiser C. et al. Cenozoic paleotemperatures and leaf physiognomy — A European perspective // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 2007. Vol. 248. Iss. 1–2. P. 24–31.

Utescher T., Bruch A., Erdei B. et al. The Coexistence Approach—Theoretical background and practical consid-

erations of using plant fossils for climate quantification // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 2014. Vol. 410. P. 58–73.

Yang J., Cawood P.A., Du Y. et al. Global continental weathering trends across the Early Permian glacial to postglacial transition: correlating high and low-paleolatitude sedimentary records // *Geology*. 2014. Vol. 42, N 10. P. 835–838.

Поступила в редакцию 27.03.2021

Поступила с доработки 05.04.2021

Принята к публикации 03.08.2021