

УДК 551.782.13: 551.88

**С.И. Меренкова¹, И.Ф. Серегина², Р.Р. Габдуллин³, Ю.В. Ростовцева⁴,
М.А. Большов⁵****РЕКОНСТРУКЦИЯ ПАЛЕОСОЛЕННОСТИ И БАТИМЕТРИИ
ЕНИКАЛЬСКОГО ПРОЛИВА В ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ОКЕАНА ПАРАТЕТИС
В САРМАТСКОЕ ВРЕМЯ ПО ГЕОХИМИЧЕСКИМ ДАННЫМ***ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»,
119991, Москва, ГСП-1, Ленинские Горы, 1**Lomonosov Moscow State University, 119991, Moscow, GSP-1, Leninskiye Gory, 1*

Впервые выполнены геохимические исследования сарматских глин и алевролитов Керченского пролива и Таманского п-ова с целью выявления палеогеографических особенностей их осадконакопления. По результатам интерпретации полученных геохимических данных уточнены и детализированы кривые палеосолености и палеобатиметрии Еникальского пролива в восточной части океана Паратетис. Выделено 2 регрессивных (ранний сармат; с середины позднего сармата) и 2 трансгрессивных (средний и начало позднего сармата; конец позднего сармата—начало мэотиса) этапа в развитии изучаемого района. Получены данные солености в промилле. Доказана эффективность используемых методик интерпретации геохимических данных при палеогеографических реконструкциях, которые впоследствии могут быть успешно применены для отложений, лишенных ископаемых остатков или отличающихся слабой индикаторной функцией присутствующих видов фауны и флоры.

Ключевые слова: миоцен, сармат, соленость, батиметрия, литологическая геохимия, восточная часть океана Паратетис.

Geochemical studies of sarmatian clays and silts of the Kerch Strait and the Taman Peninsula to determine the paleogeographic features of their formation were researched for the first time. Proxies for paleosalinity and paleobatimetry were built using geochemical data to specify previous reconstructions. Two regressive (early Sarmatian; from the middle of the Late Sarmatian) and two transgressive (middle and early Late Sarmatian; late Late Sarmatian — early Meotian) stages in the development of the study area were distinguished. Data on salinity in ppm were obtained. The effectiveness of the used methods of interpreting geochemical data in paleogeographic reconstructions, which can subsequently be successfully applied to deposits deprived of fossil remains or characterized by a weak indicator function of the species of fauna and flora, is proved.

Key words: Miocene, Sarmatian, salinity, bathymetry, lithological geochemistry, Eastern Paratethys.

Введение. Изучение сарматских отложений Керченско-Таманского региона имеет длительную историю. С XIX в. и вплоть до настоящего момента шло постепенное накопление фактического материала и знаний об этом этапе развития восточной части океана Паратетис: неоднократно уточняли и пересматривали стратиграфию (в частности, ярусное деление), сопоставляли региональные схемы, проводили комплексные исследования, включающие литологическую и палеонтологическую [Андрусов, 1891; Колесников, 1935; Невеская, 2004; Ростовцева, 2009, 2012; Попов и др., 2018; Rorov et al., 2016] характеристику этих отложений.

Исследование полужамкнутых водоемов, подобных океану Паратетис, имеет важное значение для палеогеографии, так как вследствие ограниченного водообмена с океаном в осадочных толщах регистрируются даже незначительные изменения условий среды. Палеогеографию сарматского бассейна (как и для других неогеновых водоемов восточной части океана Паратетис) в пределах Керченско-Таманского региона из-за присутствия в отложениях большого количества фаунистических остатков выстраивали преимущественно по палеонтологическим данным. Разрезы сарматских отложений Таманского п-ова детально охаракте-

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, геологический факультет, кафедра региональной геологии и истории Земли, магистрант; Институт океанологии имени П.П. Ширшова РАН, лаборатория палеоэкологии и биостратиграфии; *e-mail:* koshelevasof@mail.ru

² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, химический факультет, кафедра аналитической химии, доцент; *e-mail:* sereginairina@mail.ru

³ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, геологический факультет, кафедра региональной геологии и истории Земли, доцент; *e-mail:* mosgorsun@rambler.ru

⁴ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, геологический факультет, кафедра нефтегазовой седиментологии и морской геологии, заведующий кафедрой; *e-mail:* rostovtseva@list.ru

⁵ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, химический факультет, кафедра аналитической химии, профессор; Институт спектроскопии РАН; *e-mail:* mbolshov@mail.ru

Рис.1. Карта-схема местоположения района исследования



ризованы по моллюскам, фораминиферам, остракодам, диатомовым водорослям, что делает их наиболее подходящими для оценки эффективности специализированных прецизионных методик. Впервые используемые для изучаемых отложений методы интерпретации геохимических данных с целью реконструкции палеогеографических особенностей вод восточной части океана Паратетис в пределах Керченско-Таманского региона (Еникальского пролива) впоследствии могут быть успешно применены для отложений, лишенных ископаемых остатков или отличающихся слабой индикаторной функцией видов фауны и флоры, присутствующих в них.

Исследуемая выборка составлена так, что позволяет проследить изменение геохимических параметров рассматриваемого палеобассейна (солености) как на протяжении всего сарматского времени (в масштабе региояруса) (разрезы Тамани, охватывающие все подразделения сарматского региояруса), так и более детально, акцентируя внимание на одном из этапов его развития (отложения, вскрытые в Керченском проливе, относящиеся к нижней части среднего сармата).

Материалы и методы исследований. Впервые проведены геохимические и частично палеонтологические исследования сарматских отложений по керну из трех скважин (А-80, А-83, А-84), пробуренных в Керченском проливе, а также геохимические исследования сарматских глинистых пород, отобранных из опорного разреза мыса Панагия на Таманском п-ове (рис. 1). В ходе исследования проанализировано 30 образцов при суммарной мощности изученных отложений около 600 м. Образцы сарматских пород из опорного

разреза мыса Панагия на Тамани предоставлены Ю.В. Ростовцевой. Этот материал весьма ценен в связи с исчезновением части непрерывных выходов сарматских отложений в береговых обрывах в этом обнажении из-за строительства морского порта Тамань. Отложения из Керченского пролива, принадлежащие к нижней части среднего сармата, частично восполняют интервал между образцами разреза мыса Панагия.

Измерения выполнены методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (МС-ИСП) с использованием квадрупольного масс-спектрометра «Agilent 7500С» («Agilent Technologies», Япония) в лаборатории спектроскопических методов анализа кафедры аналитической химии химического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова. Разложение анализируемых проб проводилось смесью концентрированной азотной кислоты и перекиси водорода с применением автоклавной системы микроволновой подготовки проб «Milestone ETHOS».

Для образцов из Керченского пролива в лабораториях ФГБУ «Брянскагрохимрадиология» определены также гранулометрический состав, карбонатность и содержание органического углерода.

Для реконструкции относительного и абсолютного изменения палеосолености в Керченско-Таманской части океана Паратетис использованы отношение Sr/Ba и содержание бора. Изменение отношения Sr/Ba позволяет проследить за варьированием солености в палеобассейне (отношение возрастает прямо пропорционально солености). Исходя из разницы концентрации Sr в пресных и морских водах, а также полагая, что при поступлении Ba^{2+} в морскую воду следует ожидать

выпадения $BaSO_4$; предполагается, что к пресноводным следует относить отложения с величиной $Sr/Ba < 1$, а к морским — с $Sr/Ba > 1$ [Катченков, 1959; Яночкина, 1966; Юдович, 2011].

Бор — один из наиболее изученных и широко используемых индикаторов палеосолености бассейнов седиментации. Шведскими учеными [Landergreen, Sarvajal, 1969] было предложено отношение для расчета солености по содержанию бора: $S = (B/27,9)^{2,32}$, где S — палеосоленость (‰), B — содержание бора в осадках, измеренное инструментально (г/т).

Это отношение выведено на основании анализа обширного материала глубоководного бурения для современных осадков. Ранее было установлено [Frederickson, Reynolds, 1960], что в иллитах бор накапливается из морской воды пропорционально его количеству в ней, а также, что бор прочно закреплен в решетке иллита, и его количество существенно не изменяется в результате постдиагенетических преобразований.

Для оценки относительного изменения глубины бассейна использованы отношения Fe/Mn и Sr/Ni [Юдович, 2011]. По отношению Fe/Mn в осадочных породах выделяют глубоководные ($Fe/Mn < 40$), мелководные ($40 < Fe/Mn < 80$) и прибрежно-морские с доминированием терригенного материала ($Fe/Mn > 80 \div \sim 160$) [Скляр, 2001].

Диаграмма $Th/Sc-Zr/Sc$ отражает накопление в осадке циркона вследствие вызревания и рециклинга (выветривания и переотложения) [(McLennan et al., 1990)].

Характеристика изучаемых отложений. Отложения Керченского пролива содержат *Porosonion granosum* (d'Orbigny), *Nonion bogdanowiczi* Voloshinova, *Elphidium hauerinum* (d'Orbigny), *Fissurina bessarabica*, *Quinqueloculina collaris* (G. et Iss.), *Q. consobrina*, *Dogielina sarmatica* Bogd., *Affinetrina voloshinovae* (Bogd.), а также в большом количестве статолиты мизид [Voicu, 1981]. По этому комплексу фауны их можно отнести к среднему сармату (вероятно, к его нижней части).

Детальная литологическая характеристика глин из вдольбереговых обнажений м. Панагия—г. Зеленского, а также их послойная палеонтологическая привязка и характеристика подробно приведены в работах предыдущих исследователей [Ростовцева, 2009, 2012; Попов et al., 2016].

По гранулометрическому составу (классификация В.Т. Фролова [1992]) сарматские отложения Керченского пролива, вскрытые скважинами А-80, А-83 и А-84, относятся к чистым алевритам и алевритам сильноглинистым с содержанием алевритовой фракции (0,1–0,01 мм) 97–99 и 64% соответственно. По минеральному составу в валовых пробах преобладает кварц (24–45%), из глинистых минералов присутствуют гидрослюда (5–20%), смектит (4–11%), смешанослойные слюда-смектит (1–11%), хлорит (3–7%). В них

также содержатся калиевый полевой шпат (КПШ) (3–13%), плагиоклаз (6–17%), кальцит (4–14%), в некоторых образцах в незначительном количестве отмечены сидерит, пирит, гётит (1–3%).

Содержание $CaCO_3$ низкое (4–14%), равномерно увеличивается от нижней части разреза к верхней. Количество органического углерода ($C_{орг}$) составляет 1,16–1,7%.

Отметим сильную изменчивость известковой составляющей по разрезу — от 17–24% в нижней части, соответствующей нижнему сармату, до 4% к началу среднего сармата, постепенный рост до 25% к позднему сармату и последующее уменьшение до 0–4% к его верхним частям. Эта особенность — важный признак при первичной корреляции исследуемых разрезов Тамани и Керченского пролива.

Результаты исследований и их обсуждение. Геохимические данные. Геохимические исследования среднесарматских пород Керченского пролива и разреза мыса Панагия (Тамань) выполнены с целью выявления геохимических особенностей и характеристики палеогеографических обстановок, а также для их корректной интерпретации. Содержание химических элементов в исследуемых образцах приведено в табл. 1, 2.

На диаграмме $Th/Sc-Zr/Sc$ (рис. 2) точки составов изучаемых пород расположены за пределами области многократного переотложения осадков (рециклинга), что позволяет считать полученные геохимические данные валидными (корректными), непосредственно отражающими существовавшие в прошлом условия седиментации.

Использование соотношений тех или иных элементов для воссоздания гидрологических особенностей палеобассейна будет корректным только при условии постоянства источника сноса, так как влияние петрофонда питающей провинции может быть сильнее «геохимического сигнала» от изменений климата, солености, глубины и др.

Изучаемые породы имеют практически идентичные спектры распределения элементов (рис. 3), что позволяет говорить о, вероятно, едином для них источнике сноса, существенно не менявшемся на протяжении всего сарматского века. Наиболее ярко выражены вариации содержания Ba , Sr и Ca , связанные, по-видимому, с изменением солености, а Ni , Co , Ti — с удалением от источника сноса и/или с изменением глубины (рис. 4). Характерны пониженные концентрации рассматриваемых элементов относительно PAAS с убыванием их содержания от нижнесарматских пород к верхнесарматским.

Палеогеографическая интерпретация. Керченский пролив. Соленость. Исходя из полученных данных отношения Sr/Ba (рис. 5) изучаемые отложения сармата в Керченском проливе формировались в бассейне с пониженной соленостью, периодически испытывавшем дополнительное опрес-

нение. Следует учитывать, что иногда отношение Sr/Ba может быть недостаточно устойчивым в связи с разной подвижностью этих элементов в диагенезе. Ba (в отличие от Sr) характеризуется способностью концентрироваться в основном в глинистом веществе.

Полученные значения солёности, рассчитанные по содержанию бора, для сарматских отложений Керченского пролива изменяются от 8 до 19‰ (рис. 5). Эти значения согласуются с литературными данными. Так, по мнению В.Я. Дидковского, в Никопольском бассейне в новомосковское время (начало среднего сармата) солёность не превышала 17–19‰ [Дидковский, 1971].

Глубина. Изучаемые отложения формировались преимущественно на незначительном

удалении от береговой зоны (значения отношения Fe/Mn от 94 до 124) [Скляр, 2001] и без значительных изменений глубины во время их накопления. Осадконакопление, скорее всего, контролировалось режимом поступления речных выносов Палеодона.

Средние значения содержания хрома и никеля в породах убывают от прибрежных фаций к более глубоководным [Юдович, 2011]. Для сарматских алевролитов Керченского пролива в сводном разрезе значения отношения Sr/Ni преимущественно имеют тот же тренд отклонения, что и Fe/Mn, это позволяет достаточно точно проследить изменение глубины бассейна и построить палеобатиметрическую кривую в районе современного Керченского пролива в начале среднего сармата.

Таблица 1

Содержание химических элементов в сарматских отложениях Керченского пролива, г/т

Образец	B	Mg	Al	Sc	Ti	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Sr	Zr	Cd	Ba	Pb	Th
A-83-1	77,4	9360,0	30600,0	6,8	99,0	57,6	246,4	25746,0	9,7	32,4	11,7	54,0	109,0	11,9	0,046	118,8	9,9	4,9
A-83-2	78,3	9540,0	30600,0	7,0	106,2	57,6	264,7	27896,3	10,4	32,4	12,1	55,8	108,4	11,5	0,035	129,6	11,3	5,2
A-83-3	68,0	10800,0	27000,0	6,7	54,0	53,5	298,3	29340,0	10,4	31,9	14,4	55,8	128,0	9,7	0,024	136,8	9,9	5,6
A-83-4	68,4	9540,0	27000,0	6,1	66,6	52,2	263,6	24840,0	9,0	28,8	12,2	50,4	90,5	9,5	0,019	106,2	9,0	4,7
A-83-5	75,6	9899,3	29700,0	6,7	73,8	55,8	260,6	26100,0	10,1	34,2	13,7	54,0	96,0	10,6	0,024	112,9	11,5	5,0
A-84	66,0	7626,7	29698,8	5,2	131,2	46,2	308,7	20819,3	8,5	26,6	13,8	52,9	105,3	12,0	0,040	109,4	8,9	3,8
A-80-16	100,8	10620,0	39600,0	8,5	115,2	72,7	246,6	30600,0	12,2	39,6	14,0	66,6	86,2	13,1	0,065	134,1	13,0	6,1
A-80-17	90,0	9900,0	32400,0	7,2	97,2	63,0	244,9	30060,0	10,1	34,2	12,2	54,0	75,7	11,9	0,013	127,3	10,6	5,2
A-83-6	88,2	9360,0	32392,0	7,6	131,4	59,4	254,9	28800,0	10,8	28,1	13,0	55,8	141,5	13,5	0,018	149,4	10,4	4,9
A-83-7	84,6	9360,0	30600,0	7,4	102,6	58,1	248,5	28624,9	11,2	30,4	13,1	55,8	132,0	13,0	0,014	147,6	10,4	4,7
A-83-8	93,6	10440,0	36000,0	8,3	108,0	64,8	255,5	31500,0	12,4	34,2	14,2	61,2	108,8	12,1	0,020	141,5	10,6	5,4
A-83-9	87,3	9540,0	33480,0	7,6	100,8	61,2	228,0	28800,0	12,1	32,4	12,6	60,5	76,1	12,4	0,022	118,8	9,9	5,0

Таблица 2

Содержание химических элементов в сарматских отложениях разреза мыса Панагия, г/т

Образец	B	Mg	Al	Sc	Ti	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Sr	Zr	Cd	Ba	Pb	Th
23/2	60,0	6871,3	33540,7	5,5	89,0	41,5	338,5	21940,2	10,4	43,0	11,3	56,9	46,6	13,3	0,074	62,4	14,3	5,5
23/6	38,0	4957,5	25973,6	4,1	26,7	35,3	85,8	16105,4	4,4	16,9	6,5	48,4	26,4	6,8	0,018	42,4	10,3	5,1
23/8	48,0	5795,4	28571,1	5,1	98,1	34,7	154,5	22607,5	7,0	20,0	13,8	43,7	69,4	10,2	0,022	54,6	16,1	5,4
23/10	54,0	6051,3	35390,9	5,3	78,0	42,5	188,9	23683,0	9,5	26,4	10,1	66,6	27,8	10,1	0,028	78,6	10,4	5,2
23/15	42,0	5676,7	27730,0	4,0	69,8	32,6	214,3	20048,7	5,6	16,1	7,5	47,7	54,1	5,8	0,015	58,0	6,2	3,9
23/16	70,0	9265,8	41542,8	6,5	89,2	47,7	1760,8	27453,8	11,4	32,8	15,4	71,2	51,3	10,9	0,058	69,6	11,4	5,2
23/17	54,0	7318,3	31138,1	4,5	148,0	34,5	283,4	24485,5	8,2	24,8	10,3	58,7	43,9	8,9	0,037	61,1	7,8	4,7
23/22	62,0	13340,8	33382,4	4,7	81,3	40,4	244,9	23559,7	7,4	24,9	11,2	58,1	39,8	9,9	0,037	103,8	7,5	4,3
23/26	58,0	8345,8	33285,0	4,9	67,6	37,4	216,1	21453,2	7,5	35,5	13,9	74,9	29,6	8,2	0,101	65,9	8,3	4,2
23/33	76,0	17438,8	37831,8	5,2	76,7	42,5	712,7	26512,1	10,0	37,8	16,3	66,9	45,7	9,9	0,074	81,8	10,8	4,7
23/35	58,0	18072,9	26059,3	4,3	73,3	28,7	448,4	18346,9	7,2	25,7	9,6	43,8	220,5	7,8	0,025	195,4	6,9	3,5
23/36B	58,0	8381,3	29712,7	4,2	77,1	38,6	438,6	18628,8	10,2	37,9	19,9	59,5	100,4	7,9	0,120	62,6	10,6	3,7
23/36Г	56,0	6984,6	32639,0	4,8	92,6	42,9	138,9	13875,4	9,4	27,7	13,0	43,8	28,7	8,0	0,049	59,9	6,5	3,3
23/41A	64,0	8636,3	34135,5	5,6	49,4	51,7	169,6	24476,7	10,6	31,7	18,3	59,2	69,8	8,1	0,009	66,4	10,9	4,8
23/42A	62,0	8527,1	33701,8	5,4	62,1	52,7	306,4	24383,6	10,0	39,7	20,5	59,9	118,7	9,8	0,101	67,9	11,9	4,7
23/43A	100,0	10126,3	34811,5	5,5	67,6	46,9	480,0	23339,8	11,8	43,5	18,1	62,0	83,1	9,4	0,104	77,7	10,4	4,8
23/43B	66,0	9173,3	28234,2	5,4	43,6	39,1	678,2	23972,4	14,9	60,1	39,7	60,9	171,3	9,2	0,282	85,4	13,1	3,7
23/43B	60,0	8132,1	25233,8	4,5	53,9	36,0	601,9	21660,3	15,3	64,9	36,1	63,8	141,2	8,4	0,417	100,7	11,0	2,8

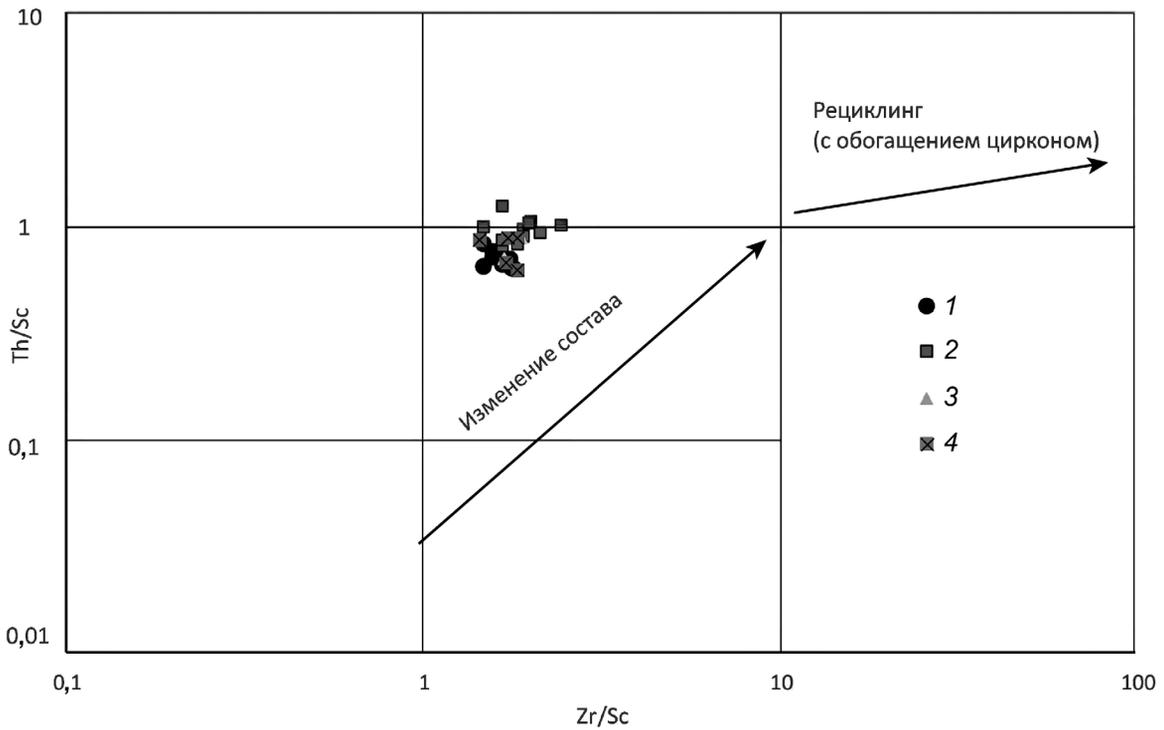


Рис. 2. Диаграмма Th/Sc–Zr/Sc для изучаемых сарматских отложений Керченского пролива и Таманского п-ова, по [McLennan et al., 1990]: 1 – Керченский пролив (средний сармат); 2 – верхний сармат, Тамань; 3 – средний сармат, Тамань; 4 – нижний сармат, Тамань

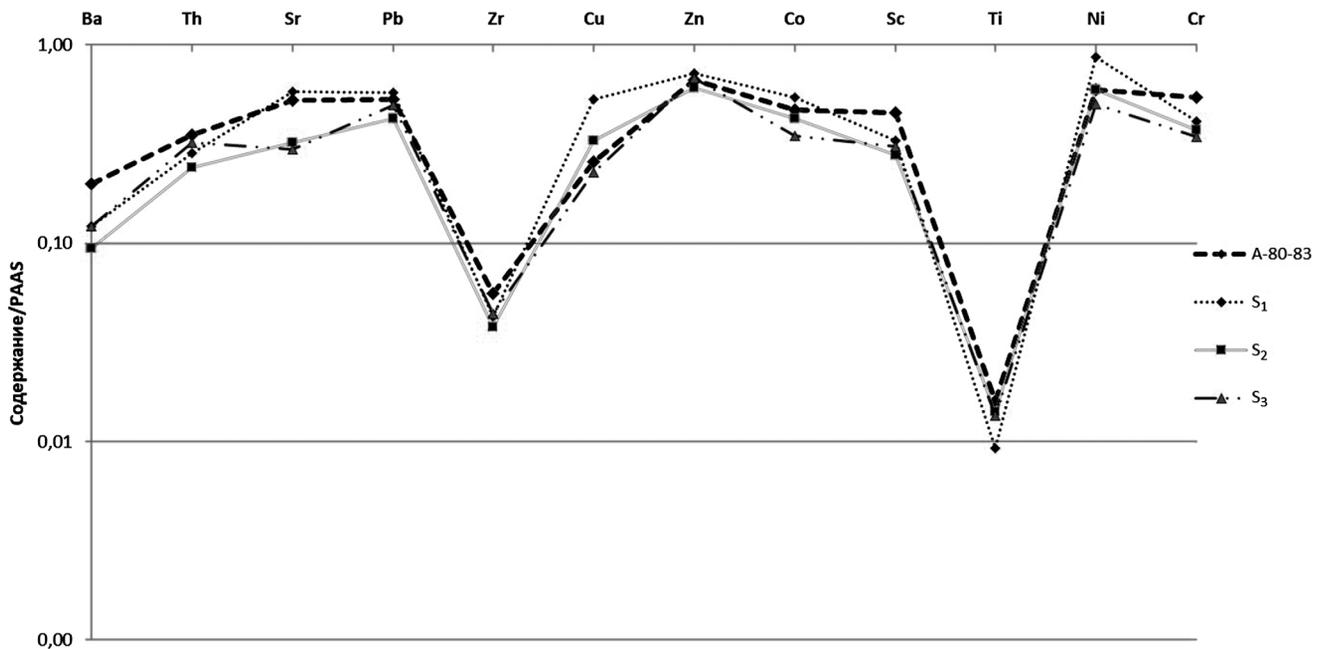


Рис. 3. Средние значения содержания элементов, нормализованные на PAAS, по [Condie, 1993]: A80-83 – среднее для образцов из скважин в Керченском проливе, средний сармат; S₁, S₂, S₃ – усредненные значения для образцов Тамани, относящихся к нижнему, среднему и верхнему сармату соответственно

Тамань. Наибольшие из полученных значений Sr/Ba (рис. 6) отражают степень солёности вод палеобассейна и свойственны нижнесарматским отложениям. Пониженные значения Sr/Ba отмечены в составе средне- и верхнесарматских пород. В переходных слоях от среднего к верхнему сармату, а также от сармата к мэотису установлены

повышенные соотношения рассматриваемого параметра.

При пересчете содержания бора в числовые показатели солёности (S , ‰) по приведенной выше формуле [Landergreen, Carvajal, 1969] были получены следующие значения: для пород, относящихся к нижней части нижнесарматских отло-

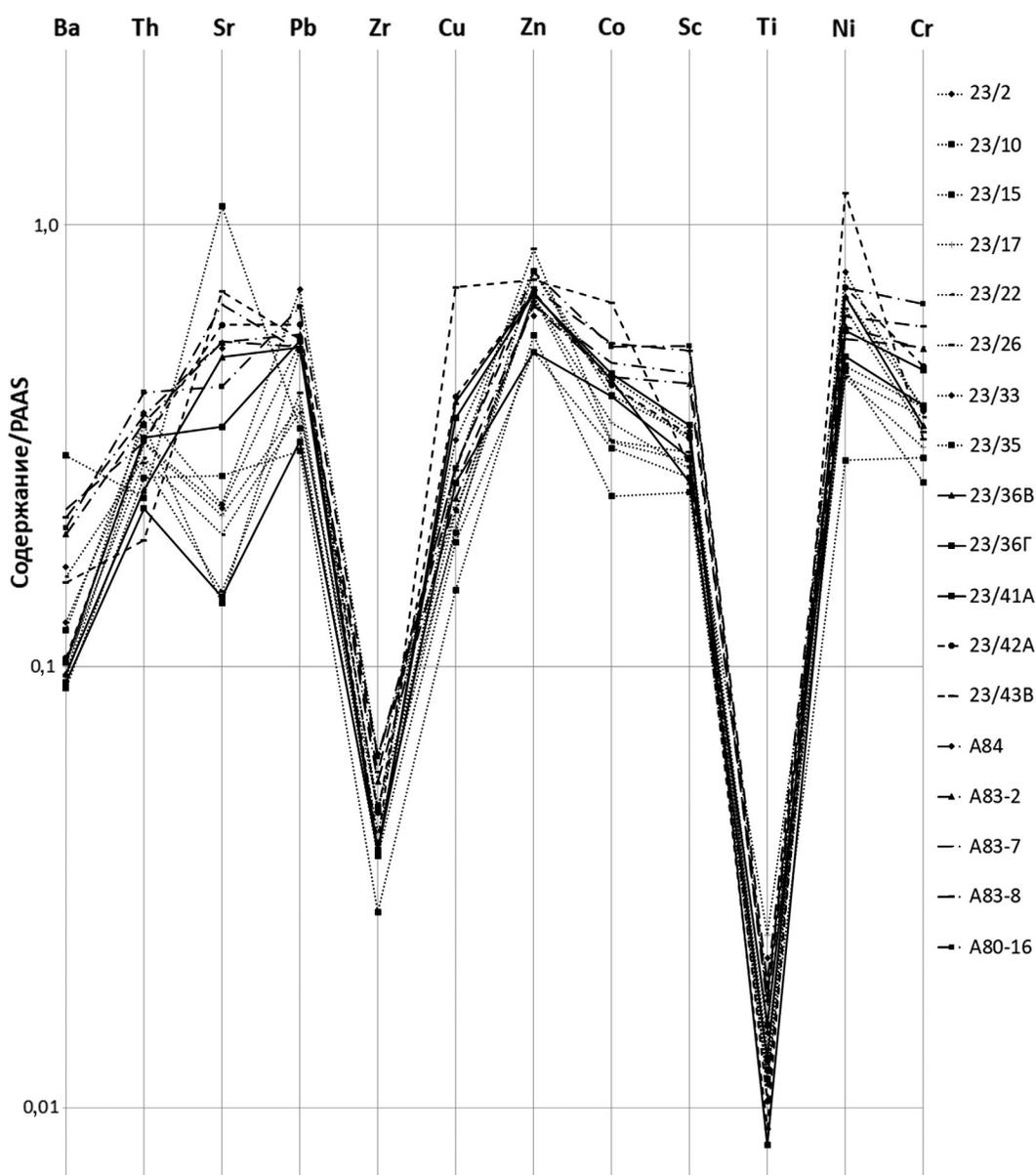


Рис. 4. Значения содержания элементов, нормализованные на РААС, по [Condie, 1993]: A83-2, A83-5, A83-7, A83-8, A80-16, A84 — образцы из скважин в Керченском проливе; 23/2–23/43B — образцы из обнажений Таманского п-ова

жений, соленость оценивается в $\sim 10\%$ (значения меняются в диапазоне 6–19%), с понижением ее до 6,4% к концу раннего сармата. В начале среднего сармата соленость вод была $\sim 7\%$, в его конце — 5% (отсутствуют образцы из средней части), что свидетельствует, вероятно, о начавшемся общем опреснении бассейна. Далее, вверх по разрезу, фиксируется повышение солености до 5,5–10%, установленное в самом начале позднего сармата, с последующим ее постепенным снижением до 5,5–6,4% в середине и до 2,6–4,6% в конце этого времени. Фактически на границе сармата с мэотисом соленость вод повышается до 5,9%, что отражает начало мэотической трансгрессии и осолонение бассейна.

Ранее было установлено, что в конце сармата соленость снизилась до 4–9%, так как с начала второй половины позднего сармата началось постоянное поступление пресных вод [Невесская и др., 2004].

Для разрезов Тамани (г. Зеленского, м. Панагия) С.В. Поповым [Popov et al., 2016] по

малакофауне в отдельных слоях установлена соленость 14–15% в раннем сармате, $\sim 14\%$ в среднем (трудно оценить из-за эндемичных видов) и ее сильное снижение (до 4–9%) в позднем сармате с последующим повышением в начале мэотиса до 15%. Для сарматских отложений соседнего региона — Восточной Грузии — Л. Попхадзе [Popkhadze, 2017] установлено интенсивное опреснение с конца среднесарматского времени по исчезновению фораминифер рода *Elphidium*, которые широко распространены в миоценовых отложениях восточной части океана Паратетис. Типичные для сарматских отложений *Elphidium macellum* (F. et M.) и *E. crispum* (Linne) адаптированы к солености 4–13%.

Кроме того, для разреза Тамани по полученным геохимическим данным отмечено повышение солености в конце среднего сармата, совпадающее с увеличением глубины (по кривым Fe/Mn и Cr/Ni) и снижением содержания CaCO_3 в осадках для этого времени.

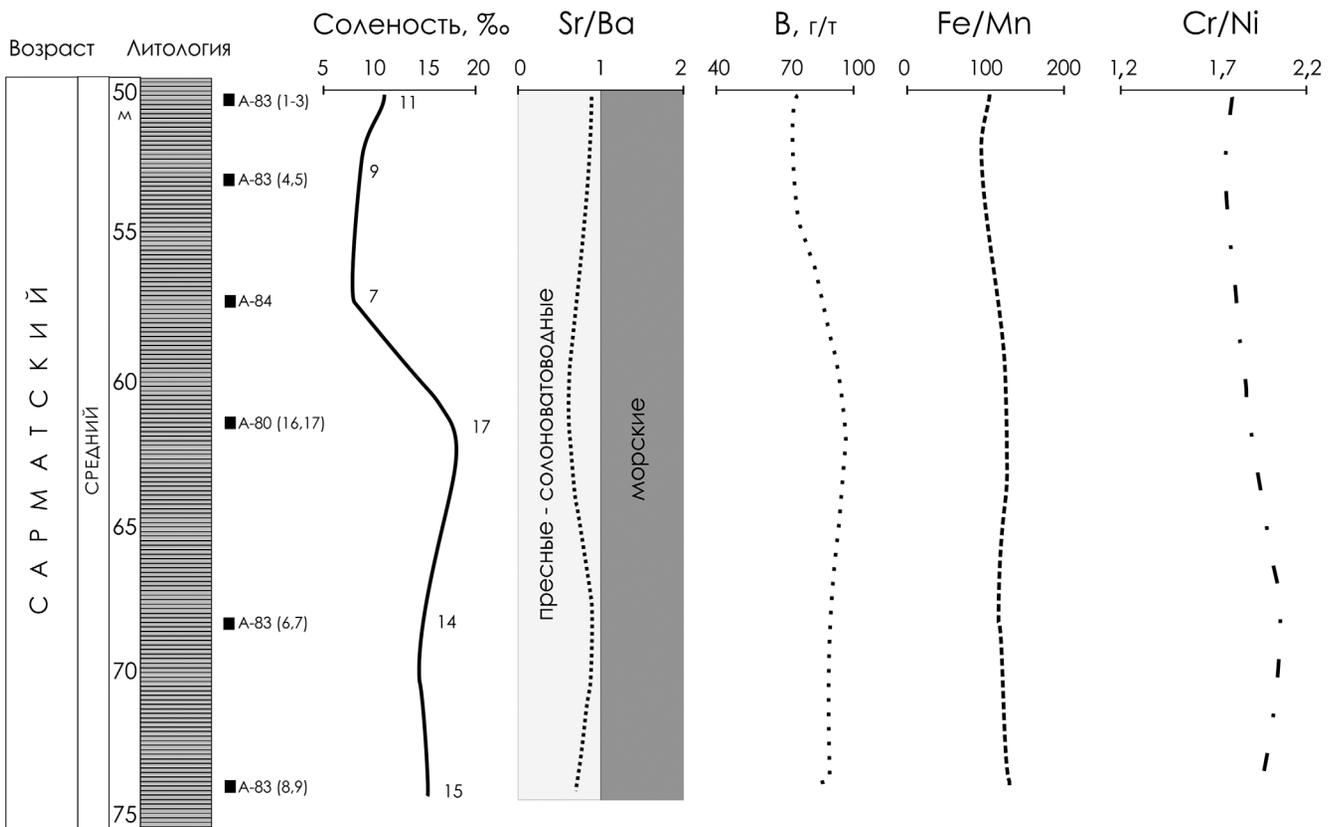


Рис. 5. Кривые изменения содержания основных элементов — индикаторов солености и глубины в керченской части Еникальского пролива в начале среднего сармата. Соленость, ‰ — рассчитанное по содержанию бора значение солености в промилле

Глубина. По соотношениям Fe/Mn и Cr/Ni можно реконструировать: 1) относительно глубоководные условия (Fe/Mn < 40) в начале раннего и позднего сармата; 2) уменьшение глубины (40 < Fe/Mn < 80) в раннем сармате и конце позднего сармата; 3) прибрежно-морские условия с доминированием терригенного материала (Fe/Mn > 80 ÷ 160) в конце раннего и начале среднего сармата, а также для большей части позднего сармата.

По соотношениям Fe/Mn и Cr/Ni достаточно четко фиксируются трансгрессивные и регрессивные этапы развития рассматриваемой области бассейна: 1) регрессия на протяжении раннего сармата, 2) трансгрессия для части среднего и начала позднего сармата, 3) регрессия в конце позднего сармата, 4) начало раннемэотической трансгрессии (рис. 7).

Полученные результаты также не противоречат опубликованным данным и увеличивают степень детализации палеобатиметрической кривой для рассматриваемой области в сармате (рис. 8). Так, по появлению океанических диатомовых маркеров (*Thalassiosira bureckliana*, *Nitzschia fossilis*) в переходных слоях от средне- к верхнесарматским отложениям и границе сармат—мэотис установлены инвазии морских вод [Popov et al., 2016]. С.В. Попов выявил, что за предсарматским падением уровня моря последовала раннесарматская трансгрессия, продолжившаяся в среднем сармате, а также кратковременная слабая трансгрессия в самом начале

позднего сармата, за которой последовало резкое предмэотическое обмеление, сменившееся трансгрессией в переходных слоях сармата—мэотиса и в начале мэотиса [Попов, 2007].

Выводы. 1. Впервые выполнена сравнительная интерпретация геохимических данных о составе сарматских глин и алевролитов Керченского пролива и Таманского п-ова.

2. По результатам интерпретации геохимических данных уточнены и детализированы кривые палеосолености и палеобатиметрии Еникальского пролива в восточной части океана Паратетис. Выделено 2 регрессивных (ранний сармат; с середины позднего сармата) и 2 трансгрессивных (средний и начало позднего сармата; конец позднего сармата—начало мэотиса) этапы в развитии изучаемого района.

Получены данные о солености (‰), рассчитанные по геохимическим данным: от 6 до 19‰ в раннем сармате, 5–17‰ в среднем сармате (с учетом данных для Керченского пролива) и 2–10‰ в позднесарматское время.

3. Доказана эффективность используемых методик интерпретации геохимических данных при палеогеографических реконструкциях. Полученные результаты о солености и батиметрии сарматского бассейна не противоречат существующим представлениям о геологическом развитии изучаемого района, основанным на палеонтологических и литологических данных.

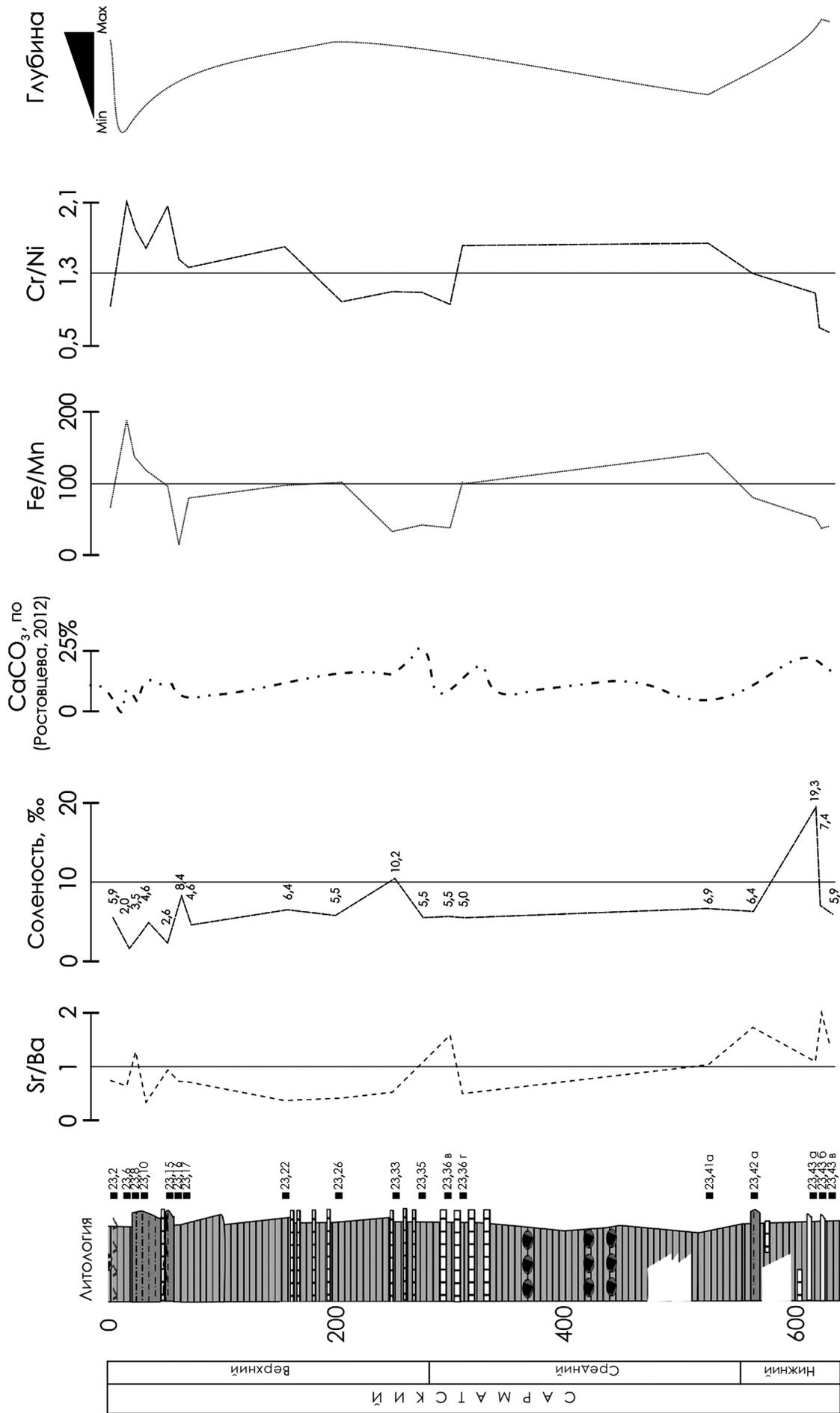


Рис. 6. Кривые изменения содержания основных элементов-индикаторов солености и глубины на протяжении сарматского века в таманской части Еникальского пролива (разрезы г. Зеленого–мыс Панатия, образцы Ю.В. Ростовцевой) и синтетическая палеобатиметрическая кривая. Соленость, ‰ — рассчитанное по содержанию бора значение солености в промилле

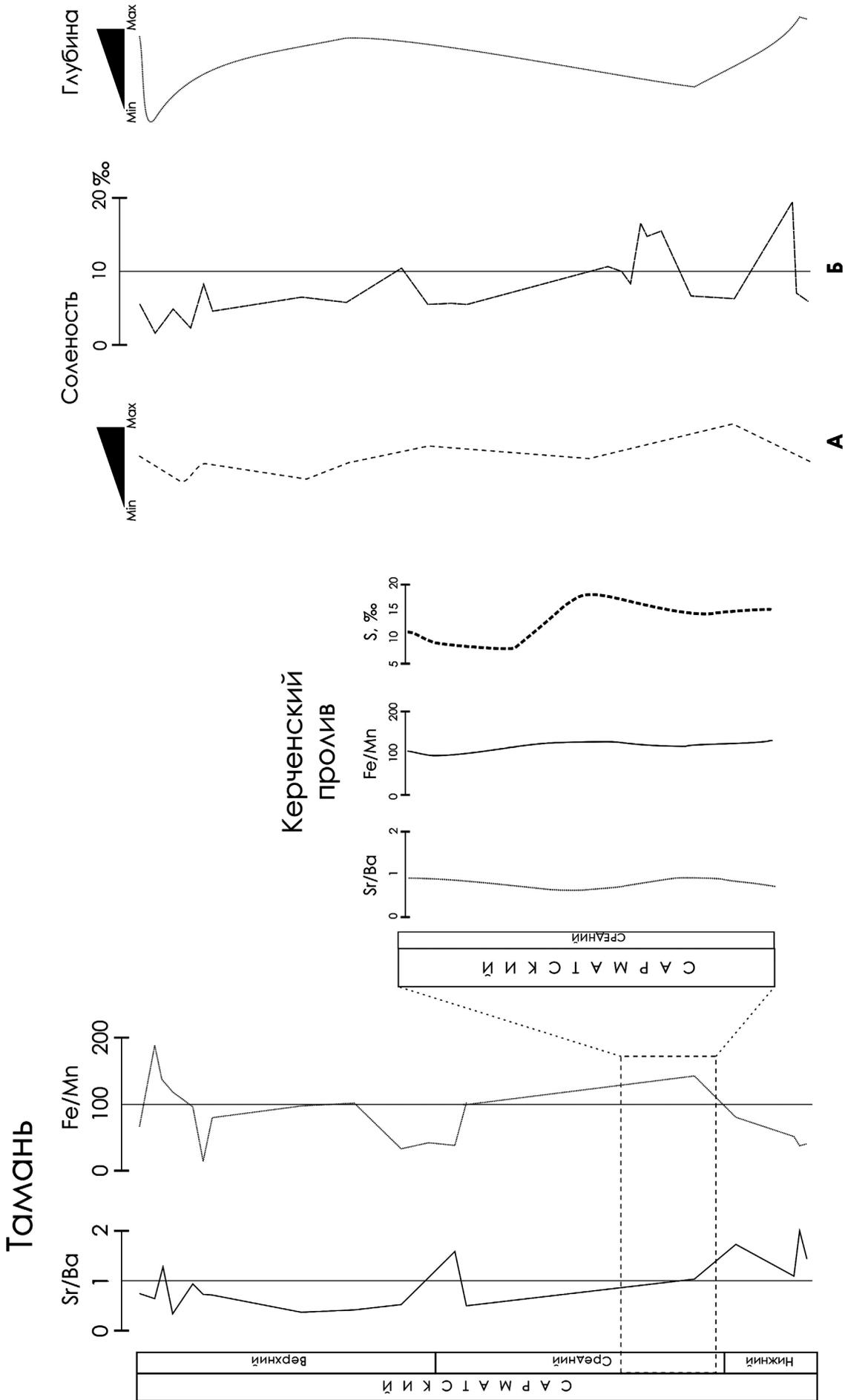


Рис. 7. Соотношение основных исследуемых показателей в сарматских отложениях Керченско-Таманского региона и кривые возможных вариаций глубины и солёности в Еникальском проливе в сарматском веке, построенные по геохимическим данным: А — синтетическая кривая относительного изменения палеосолёности (по содержанию стронция, бария, бора), Б — синтетическая кривая абсолютного изменения палеосолёности в промилле (рассчитана по содержанию бора в изучаемых отложениях, S, ‰)

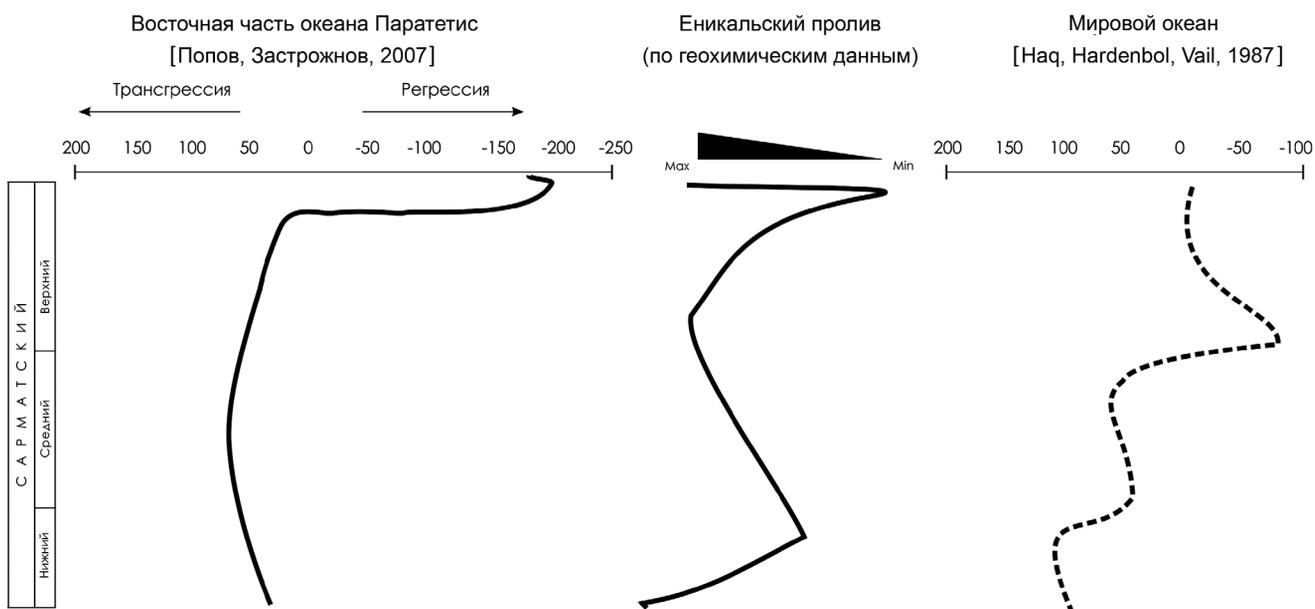


Рис. 8. Кривые колебания уровня в бассейне восточной части океана Паратетис в сарматском веке

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Андрусов Н.И. О характере и происхождении сарматской фауны // Горн. журн. 1891. Т. 1, № 2. С. 241–280.

Головина Л.А., Радионова Э.П., Филиппова Н.Ю. и др. Комплексные лито-биостратиграфическое изучение опорных разрезов среднего и верхнего миоцена Таманского полуострова // Современные проблемы стратиграфии неогена и квартера России / Мат-лы Всеросс. науч. совещ. М.: ГЕОС, 2011. С. 44–53.

Дидковский В.Я. Некоторые вопросы палеогеографии и палеобиономии палеогеновых и неогеновых бассейнов территории Украины. Киев, 1971. С. 5–45.

Катченков СМ. Малые химические элементы в осадочных породах и нефтях. Л.: Гостоптехиздат, 1959. 271 с.

Колесников В.П. Сарматские моллюски // Палеонтология СССР. Т. 10, ч. 2. Л., 1935. 507 с.

Невесская Л.А., Коваленко Е.И., Белуженко Е.В. и др. Объяснительная записка к унифицированной региональной стратиграфической схеме неогеновых отложений южных регионов европейской части России. М.: ПИН РАН, 2004. 83 с.

Попов С.В., Головина Л.А., Радионова Э.П. и др. Стратотипы и опорные разрезы неогеновых регионов юга России и проблемы их границ // Неоген и четверть России: стратиграфия, события и палеогеография. М.: ГЕОС, 2018. С. 47–54.

Попов С.В., Застройнов А.С. Трансгрессивно-регрессивная цикличность в истории развития кайнозойских бассейнов Восточного Паратетиса // Эвстатические колебания уровня моря в фанерозое и реакция на них морской биоты. М.: ПИН РАН, 2007. С. 60–70.

Ростовцева Ю.В. Седиментогенез в бассейнах среднего и позднего миоцена Восточного Паратетиса (стратотипический Керченско-Таманский регион): Автореф. докт. дисс. М., 2012. 48 с.

Ростовцева Ю.В. Фации среднего сармата Таманского прогиба // Литология и полез. ископаемые. 2009. № 4. С. 404–417.

Скляр Е.В. Интерпретация геохимических данных. М.: Интернет Инжиниринг, 2001.

Фролов В.Т. Литология. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1992. 336 с.

Юдович Я.Е., Кетрис М.П. Геохимические индикаторы литогенеза (литологическая геохимия). Сыктывкар: Геопринт, 2011. 742 с.

Яночкина З.А. Статистические методы изучения пестроцветов. М.: Недра, 1966. 142 с.

Condie K.C. Chemical composition and evolution of the upper continental crust: Contrasting results from surface samples and shales // Chem. Geol. 1993. Vol. 104. P. 1–37.

Frederickson A.F., Reynolds R.C.Jr. Geochemical method for determining paleosalinity // Proc 8th Natl Conf on Clays and Clay Minerals. Pergamon Press, 1960. P. 203–213.

Landergreen S., Carvajal M.C. Geochemistry of boron, III. The relationship between boron concentration in marine clay sediments expressed as an adsorption isotherm // Arkiv. Mineral. Geol. 1969. Vol. 5.

McLennan S.M., Taylor S.R., McCulloch M.T., Maynard J.B. Geochemical and NdSr isotopic composition of deep-sea turbidites: crustal evolution and plate tectonic associations // Geochim. et Cosmochim. Acta. 1990. Vol. 54. P. 2015–2050.

Popkhadze L. Paleocological Data of the Sarmatian Basin on Microfauna of East Georgia // Bull. Georgian National Academy of Sciences. 2017. Vol. 11. P. 139–145.

Popov S.V., Rostovtseva Y.V., Fillippova L.A. et al. Paleontology and stratigraphy of the Middle–Upper Miocene of the Taman Peninsula. P. 1. Description of key sections and benthic fossil groups // Paleontol. J. 2016. Vol. 50. P. 1039–1206.

Voicu G. Upper Miocene and Recent mysid statoliths in central and eastern Paratethys // Micropaleontology. 1981. Vol. 27, N 3. P. 227–244.

Поступила в редакцию 09.09.2019

Поступила с доработки 15.01.2020

Принята к публикации 15.01.2020