

УДК 561.26: 551.35 (262.54)
DOI: 10.23885/2500-0640-2017-3-4-83-92

ДИАТОМОВЫЕ ВОДОРОСЛИ ИЗ СРЕДНЕ- И ПОЗДНЕГОЛОЦЕНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ АЗОВСКОГО МОРЯ КАК ИНДИКАТОРЫ КОЛЕБАНИЙ УРОВНЯ ВОДОЕМА

© 2017 г. Г.В. Ковалева¹, К.В. Дюжова^{1,2}, А.Е. Золотарева¹

Аннотация. С момента обособления Азовского моря в самостоятельный морской бассейн (около 6500–7000 лет назад) в истории его существования отмечались многочисленные контрастные колебания уровня. Данная работа является продолжением исследований, направленных на изучение изменений уровня Азовского моря в голоцене. Ранее, при сопоставлении результатов, полученных с использованием методов геолого-геоморфологического и диатомового анализа, уже было подтверждено наличие фанаторийской регрессии и нимфейской трансгрессии в новоазовское время. В статье впервые описаны результаты анализа древнеазовских отложений, а также дано сравнение трансгрессивно-регрессивных циклов с региональными климатическими изменениями, происходившими в бассейне Азовского моря на протяжении последних 6000 лет. Материалом для статьи послужили 25 колонок донных отложений Азовского моря, имеющих радиоуглеродные датировки. В работе подробно описаны особенности видового состава микроводорослей для различных трансгрессивно-регрессивных циклов Азовского моря. Были выделены экостратиграфические зоны (по диатомовым водорослям) среднего и позднего голоцена Азовского моря: 5 для древнеазовских и 7 для новоазовских отложений. Путем сопоставления материалов диатомового анализа с результатами радиоуглеродного датирования скорректированы временные интервалы существования трансгрессивно-регрессивных фаз в Азовском море. Корреляция трансгрессивно-регрессивных этапов развития Азовского моря, полученных методом диатомового анализа, с реконструированной кривой колебания уровня моря продемонстрировала хорошую сходимость результатов. Была выявлена взаимосвязь между климатическими периодами, выделенными по результатам спорово-пыльцевого анализа, и трансгрессивно-регрессивными фазами, подтвержденными методами геолого-геоморфологического и диатомового анализа.

Ключевые слова: диатомовые, голоценовые отложения, древнеазовские и новоазовские отложения, трансгрессивно-регрессивные циклы, Азовское море.

DIATOM ALGAE FROM THE MIDDLE AND LATE HOLOCENE SEDIMENTS OF THE AZOV SEA AS THE INDICATORS OF THE SEA LEVEL OSCILLATION

G.V. Kovaleva¹, K.V. Dyuzhova^{1,2}, A.E. Zolotareva¹

Abstract. Numerous water level fluctuations of the Azov Sea were recorded since it was formed as a separated water basin (ca. 6.5–7 ka yrs. ago). The recent studies continue the previous investigations of the Azov Sea level fluctuations in the Holocene. The existence of the Fanagorian regression and Nymphaean transgression in the Novo-Azov period were proved before. It was done by the correlation of the results of the diatom and pollen analysis and geological and geomorphological analysis. Results of the diatom analysis of the Ancient-Azov sediments and correlation of the transgressive-regressive cycles with the regional climatic changes (for the last 6 ka yrs) were issued for the first time. The 25 radiocarbon dated bottom cores from the Azov Sea were used for the article. Peculiarities of the microalgae species composition for the different

¹ Институт аридных зон Южного научного центра Российской академии наук (Institute of Arid Zones, Southern Scientific Centre, Russian Academy of Sciences, Rostov-on-Don, Russian Federation), Российская Федерация, 344006, г. Ростов-на-Дону, пр. Чехова, 41, e-mail: kovaleva@ssc-ras.ru

² Южный научный центр Российской академии наук (Southern Scientific Centre, Russian Academy of Sciences, Rostov-on-Don, Russian Federation), Российская Федерация, 344006, г. Ростов-на-Дону, пр. Чехова, 41, e-mail: kristi_kras007@mail.ru

transgressive-regressive cycles were described. The ecostratigraphic zones were pointed out by the diatom analysis for the middle and late-Holocene: 5 for the Ancient-Azov and 7 for the New-Azov sediments. Time frames of the transgressive-regressive phases were corrected by the correlation of diatom analysis and the radiocarbon dating. Comparison of transgressive-regressive stages of the Azov sea evolution, revealed by the diatom analysis, and curve of the sea level oscillations, has shown the good repeatability. The good correlation of climatic periods described by pollen analysis and transgressive-regressive phases described with geology and geomorphology methods and diatom analysis has been shown.

Keywords: diatoms, Middle Holocene sediments, Late Holocene sediments, Ancient Azov sediments, New Azov sediments, transgressive-regressive cycles, Azov Sea.

ВВЕДЕНИЕ

Как самостоятельный морской бассейн Азовское море сформировалось около 6500–7000 лет назад [1; 2]. В связи с мелководностью и небольшой площадью во время некоторых четвертичных регрессий Азовское море полностью исчезало [1]. До начала черноморской трансгрессии на месте нынешнего Азовского моря располагались разрозненные лиманы и русла палеорек Дон и Кубань. Лиманная стадия продолжалась от 7000 до 6500 лет назад, а затем черноморские воды стали проникать далее, следуя по руслу палео-Дона [1]. По составу фауны осадки древнеазовского периода существования Азовского моря (длился от 6500 до 3000 лет назад) [1] ближе к черноморским отложениям, чем к современным азовским. Водораздельные низменные территории междуречий Дона и Кубани начали затопливаться около 5500 лет назад [1], во время климатического оптимума голоцена (атлантический период). Наиболее близкие к современным условия сформировались в Азовском море около 3000 лет назад (новоазовские отложения).

За период существования Азовского моря в его бассейне неоднократно происходили довольно значительные изменения климата (периоды аридизации и гумидизации) и связанные с ними изменения гидролого-гидрохимического режима (трансгрессивно-регрессивные фазы).

Известно, что за последние несколько тысяч лет уровень Мирового океана, а соответственно, и Черного моря, несколько раз изменялся [3–6 и др.], однако единого мнения о количестве и временных рамках трансгрессивно-регрессивных фаз до сих пор не существует. К настоящему времени сложились две противоположные позиции по отношению к существованию средне- и позднеголоценовых (последние 6000 лет) изменений уровня Азово-Черноморского и связанных с ним бассейнов. Одна из них заключается в признании многочисленных и

контрастных колебаний [3]. Другая [7] отрицает наличие подобных колебаний и сводится в основном к идее постепенного и весьма незначительного трансгрессивного подъема. В предыдущей работе [8] нами уже была затронута эта проблема. Сопоставление результатов геолого-геоморфологического и диатомового анализа однозначно подтвердило наличие фанаторийской регрессии, а также то, что она претерпела несколько этапов с существенными колебаниями уровня. Было показано, что наблюдается тесная корреляция во времени максимума нимфейской трансгрессии с формированием осадков, в которых преобладают споры диатомовых из рода *Chaetoceros*, указывающих на усиление гидродинамической активности и повышение уровня моря [8].

В этой работе мы продолжили исследования, добавив данные не только по новоазовским, но и по древнеазовским отложениям. Помимо материалов диатомового анализа мы использовали результаты изучения спорово-пыльцевых спектров, что позволило сопоставить трансгрессивно-регрессивные циклы с региональными климатическими изменениями, происходившими в бассейне Азовского моря на протяжении последних 6000 лет.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В работе приведены данные диатомового анализа 25 колонок (рис. 1), отобранные на акватории Азовского моря в период с 2006 по 2016 г. при помощи прямоточной грунтовой трубки.

Мощность отложений в изученных колонках от 1,5 до 2,8 м. Отбор образцов для диатомового и спорово-пыльцевого анализов производили с частотой 2–5 см.

При выделении сворков диатомовых из грунта применяли традиционные методы диатомового анализа [9; 10] с модификациями, описанными ранее [8]. Для видовой идентификации диатомо-

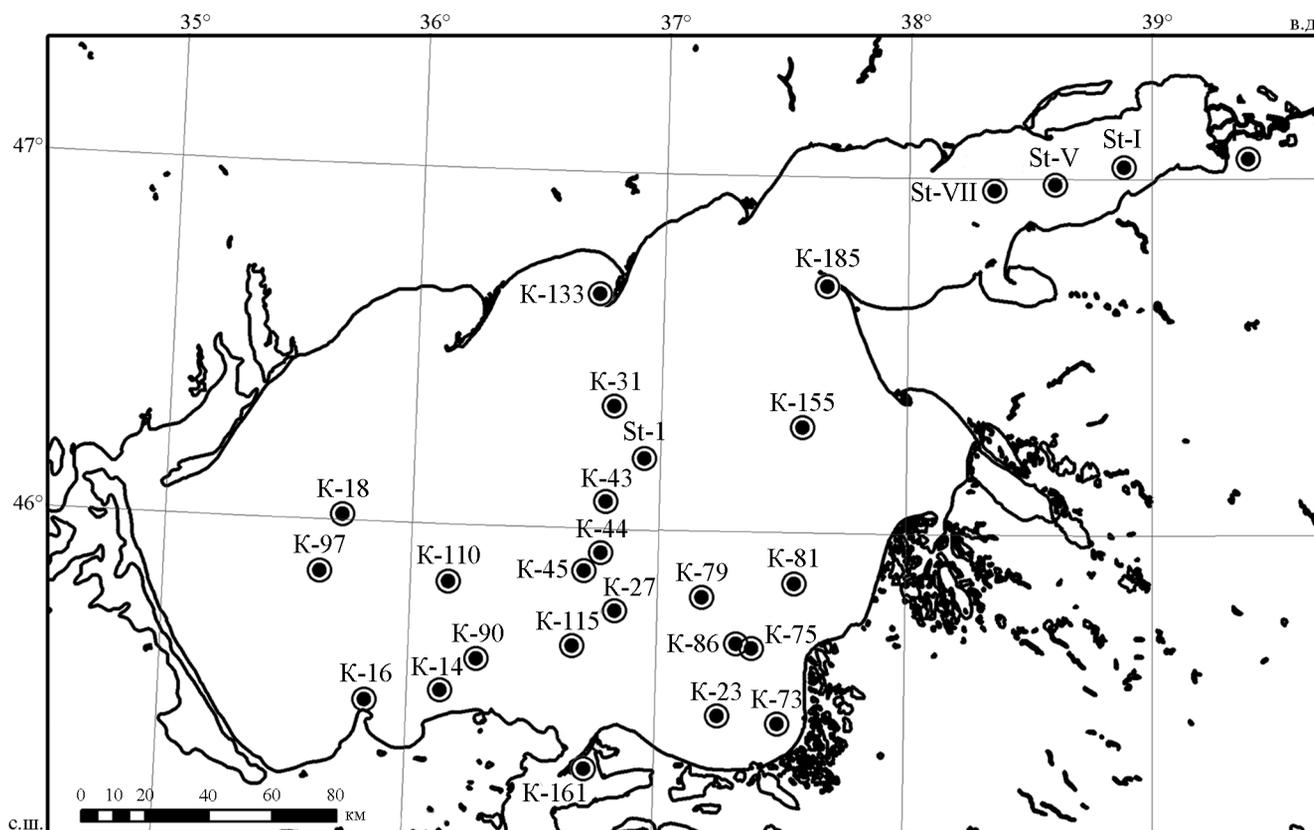


Рис. 1. Карта-схема мест отбора колонок донных отложений в Азовском море.
 Fig. 1. Location of sediment cores in the Sea of Azov.

вых водорослей в световом микроскопе изготавливали постоянные препараты с использованием анилин-формальдегидной смолы Эляшева [11]. Определение таксономической принадлежности микроводорослей выполнено по монографическим сводкам, отдельным работам и определителям [12–19 и др.].

Идентификацию диатомовых водорослей осуществляли с использованием светового микроскопа Leica DME, а также сканирующего электронного микроскопа Carl Zeiss EVO 40 XVP.

Отбор колонок, биостратиграфические и флористические исследования проводились в Институте аридных зон Южного научного центра РАН. Определение абсолютного возраста радиоуглеродным методом (C^{14}) по образцам раковин моллюсков выполнено в лаборатории палеогеографии и геохронологии четвертичного периода Института наук о Земле Санкт-Петербургского государственного университета и было опубликовано ранее [20]. В статье используются значения календарного возраста, приведенные на основании калибровочной программы «OxCal 4.2» (калибровочная кривая «IntCal 13»).

Максимальный возраст исследованных колонок 6500 лет, что позволяет отнести эти отложения к древне- и новоазовским слоям (средний и поздний голоцен).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В последние годы проводятся обширные исследования, постепенно наращивающие информационную базу о трансгрессивно-регрессивных этапах в течение средне- и особенно позднеголоценовой истории Азовского моря [3–6; 20–25 и др.]. При этом по серии детально исследованных колонок и скважин установлена значительная сложность строения осадочных образований этого периода, неравномерность скоростей седиментации в вертикальном разрезе [17] с тенденцией к увеличению в трансгрессивные фазы, закономерности изменения комплекса доминирующих видов и т.д.

Диатомовый анализ новоазовских отложений, образовавшихся в течение фанагорийской регрессии и нимфейской трансгрессии (от 3100 лет назад до настоящего времени), из разных районов Азовского моря показал общие тенденции в смене видового со-

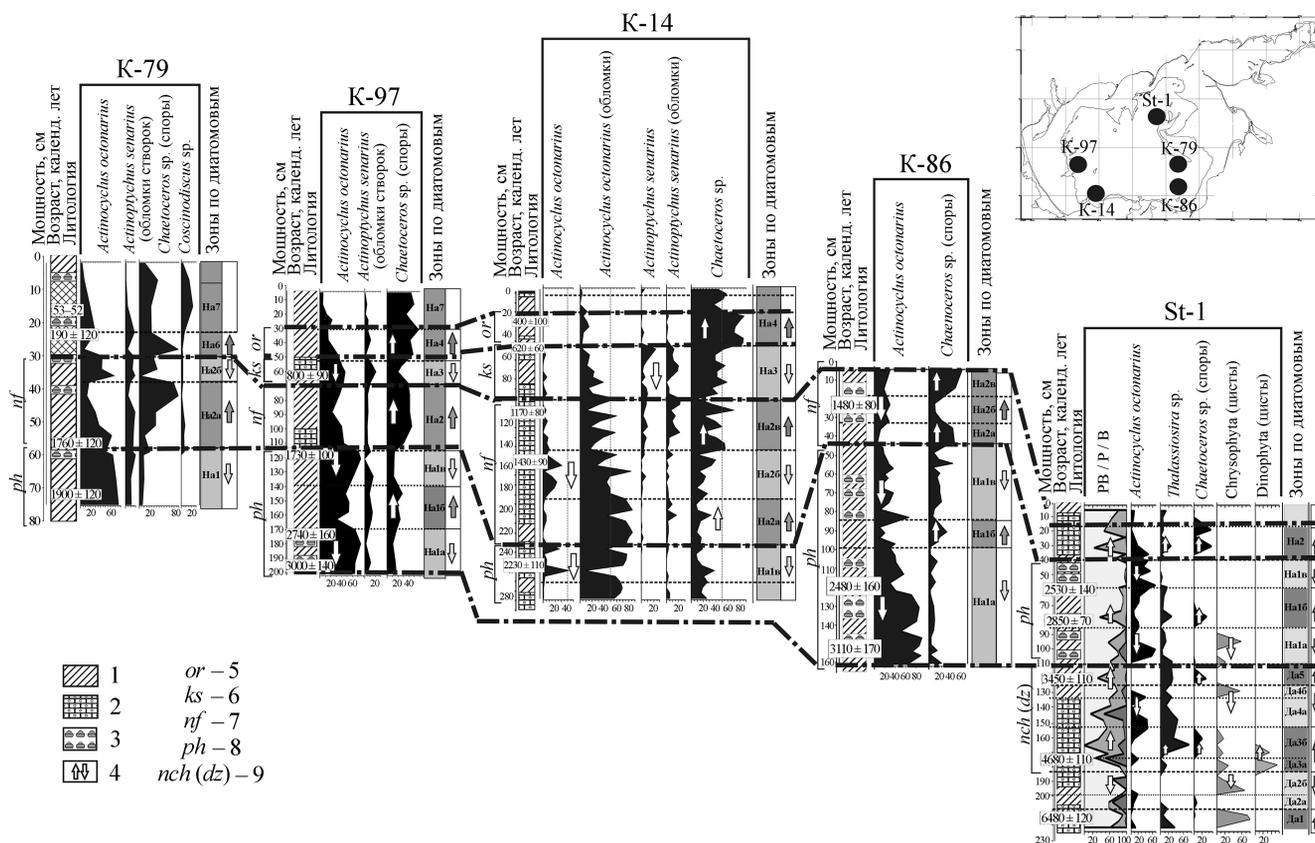


Рис. 2. Корреляция результатов диатомового анализа колонок донных отложений Азовского моря. 1 – обводненный глинистый ил; 2 – глинистый ил; 3 – заиленная ракушка; 4 – трансгрессивно-регрессивные фазы; 5 – ордынская трансгрессия; 6 – корсунская регрессия; 7 – нимфейская трансгрессия; 8 – фанаторийская регрессия; 9 – новочерноморская (джеметинская) трансгрессия.
Fig. 2. Correlation of the diatom analysis results of the Azov Sea bottom cores. 1 – flooded clayey mud; 2 – clayey mud; 3 – silty shelly ground; 4 – the transgressive and regressive phases; 5 – the Ordyn’ transgression; 6 – the Korsun regression; 7 – the Nymphaean transgression; 8 – the Fanagorian regression; 9 – the New-Black Sea (Dzemetete) transgression.

става микроводорослей. Во всех колонках отмечено характерное для новоазовских отложений чередование слоев, в которых попеременно доминируют *Actinocyclus octonarius* Ehr., *Actinocyclus senarius* (Ehr.) Ehr. или представители рода *Chaetoceros* [26]. Противоположные экологические характеристики этих видов позволяют использовать их в качестве индикаторов изменения уровня моря. Преобладание в осадочной толще *Actinocyclus octonarius* и *Actinocyclus senarius* позволяет предположить, что в этот период уровень моря был невысоким, и, напротив, увеличение в отложениях количества спор морского рода *Chaetoceros* маркирует этапы существования водоема, когда происходило повышение солености, высокая гидродинамическая активность и поднятие уровня моря [8; 20; 24; 26].

Анализ последовательной смены комплексов доминирующих видов (на определенных временных интервалах) позволяет выполнить корреляцию донных отложений, выделить экостратиграфиче-

ские зоны (по диатомовым водорослям) и сопоставить их с колебаниями уровня Азовского моря на протяжении последних 6000 лет (рис. 2).

Новочерноморская трансгрессивная стадия выявлена только в колонке донных отложений St-1 (рис. 2), наиболее «древней» из изученных нами. Мы определяем возраст этой стадии как период от 4700 до 3500 лет назад, что соотносится с древнеазовскими слоями Азовского моря (рис. 2, зоны Da1–Da5).

Диатомовый анализ древнеазовских отложений показал, что эти слои характеризуются большим видовым разнообразием представителей диатомовых водорослей из морского рода *Thalassiosira*. К особенностям отложений этого возраста можно также отнести: наличие слоев с высоким содержанием спор динофитовых водорослей (*Dinophyta*); горизонты с большой численностью спор диатомовых водорослей из рода *Chaetoceros*. Слои, в кото-

рых преобладают указанные выше представители микроводорослей, соотнесены нами с периодами трансгрессий.

Еще одной особенностью древнеазовских отложений является наличие слоев с высокой численностью стоматоцист (покоящихся стадий) золотистых водорослей. Современные представители класса *Chrysophyceae* обитают как в опресненных, так и в морских водоемах, поэтому ориентироваться на их экологию сложно. Учитывая, что в слоях с высоким содержанием стоматоцист *Chrysophyta* также обнаружено много створок *Actinocyclus octonarius* Ehr., мы сопоставляем эти отложения с регрессивными стадиями существования водоема (а именно с условиями опресненного мелководья).

Фанагорийская регрессивная стадия развития морского бассейна четко выделяется практически во всех исследованных нами колонках (рис. 2, зона На1). По нашим данным, этот этап длился от 3000 до 1800 ± 100 лет назад. В отложениях этого периода зафиксировано увеличение численности створок *Actinocyclus octonarius*, что указывает на существование мелководных условий в районе накопления осадков (рис. 2). Наибольшее разнообразие вариантов *A. octonarius* и переходных форм между ними отмечается именно в период фанагорийской регрессии. Количество створок *A. octonarius* в этих слоях достигает 40–80 % относительной численности створок в препарате. Однако нельзя говорить о непрерывном понижении уровня моря. В фанагорийскую стадию была выделена зона (рис. 2, зона На1б), зафиксировавшая увеличение количества спор рода *Chaetoceros*, а также уменьшение численности *Actinocyclus octonarius* Ehr., что, по нашему мнению, может указывать на незначительное повышение уровня Азовского моря.

Нимфейская трансгрессивная стадия (рис. 2, зона На2) была отмечена в осадках по заметному увеличению численности спор рода *Chaetoceros*, не наблюдавшихся в таких больших количествах во время фанагорийской стадии. Эта стадия также не была непрерывной, поскольку около 1400 лет назад наблюдается кратковременное снижение уровня моря (рис. 2, зона На2б).

По отложениям в колонках К-44, К-133, К-97 и К-14 удалось отчетливо выявить кратковременное понижение уровня моря в период около от 800 до 600 лет назад, которое мы сопоставляем с этапом корсуньской регрессии (рис. 2, зона На3). В тех же колонках отмечен и этап (от 600 до 400 лет назад), сопоставимый с непродолжительной ордынской трансгрессией (рис. 2, зона На4).

Зона На5 (рис. 2, соответствует понижению уровня моря) прослеживается по двум колонкам. Возраст этих отложений составляет менее 200 лет. Зона На6 (рис. 2), согласно данным диатомового анализа, характеризуется повышением уровня моря и четко выделяется в трех колонках, однако ее возраст установить пока не удалось, поскольку радиоуглеродная датировка образцов не проводилась. Мы предполагаем, что зона На7 (рис. 2) отражает изменения, происходящие и в настоящее время, и соответствует современному уровню Азовского моря.

Таким образом, можно отметить, что периодически менявшиеся на протяжении древне- и новоазовского времени (последние 6000 лет) климатические и, соответственно, гидрологические условия нашли отражение в последовательной смене доминирующих видов микроводорослей.

Сопоставив данные, полученные по 8 наиболее подробно датированным колонкам из разных районов моря (рис. 3), с результатами радиоуглеродного датирования, мы скорректировали временные интервалы существования трансгрессивно-регрессивных фаз в Азовском море. Методом диатомового анализа нами было прослежено несколько стадий повышения и понижения уровня Азовского моря на протяжении последних 6000 лет (рис. 3), сказавшихся на изменении видового состава микроводорослей.

Время начала и завершения трансгрессивно-регрессивных фаз чрезвычайно дискуссионный вопрос [27]. Зачастую исследователи, занимаясь изучением изменений уровня моря в черноморском бассейне, по умолчанию считают, что в эти же временные интервалы происходили трансгрессивные и регрессивные фазы в Азовском море. Нам представляется важным учитывать региональные особенности и относительную изолированность Азовского моря от Черного и Каспийского морей.

Сопоставив трансгрессивно-регрессивные этапы развития Азовского моря, полученные по материалам диатомового анализа, с кривой колебания уровня моря [8], можно констатировать хорошую сходимость с результатами, полученными альтернативными методами (рис. 4). Фактически все зоны, выделенные нами по изменению доминирующих видов микроводорослей, соответствуют кривой изменения уровня моря, построенной Я.А. Измайловым [5]. Более того, нанеся на рисунок 4 кривую, опубликованную Ю.В. Артюхиным [25] на основе анализа исторических источников и радиоуглеродных датировок, можно отметить, что выделенные нами зоны На2–На6 совпадают с ней по временным интервалам.

Слои	Трансгрессивно-регрессивные стадии	Зоны по диатомовым волюфосиям	Тенденция колебания уровня моря	Календарный возраст отложений (cal BP, лет)										
				Номер колонки										
				86	79	44	45	133	97	1	14			
Новозовские слои	Современный уровень	На7			53–52			52–54						
	Трангрессия	На6	↑		190 ± 120			↑						
	Регрессия	На5	↓		↓			↓						
	Ордынская трансгрессия	На4	↑			↑	340 ± 140	↑	↑			400 ± 100	↑	
	Корсуньская регрессия	На3	↓			600 ± 60		680 ± 70	↓	800 ± 90		620 ± 60	↓	
	Нимфейская трансгрессия	На2	в	↑	↑			1310 ± 200					1170 ± 80	↑
			б	↓	↓	1480 ± 80	↓	↓		↑		1430 ± 90	↓	
			а	↑	↑		1760 ± 120	↑		1730 ± 100	↑			↑
	Фанагорийская регрессия	На1	в	↓	↓	1900 ± 120	↓		↓	↓			2230 ± 100	↓
			б	↑	↑		↓		↑	2530 ± 140	↑			
а			↓	↓	2480 ± 160	↓		2740 ± 160	↓	2850 ± 70	↓			
					3110 ± 170			3000 ± 140						
Древнеазовские слои	Новочерноморская (джеметинская) трансгрессия	Да5	↑						Да5	↑		3450 ± 110	↑	
		Да4	б	↓					Да4	б	↓			
			а	↓				а		↓				
		Да3	б	↑					Да3	б	↑	4680 ± 110	↑	
			а	↑				а		↑				
		Да2	б	↓					Да2	б	↓		↓	
а	↓					а	↓							
Да1	↑						Да1	↑		6480 ± 120	↑			

 понижение уровня моря  горизонт размыв
 повышение уровня моря  в горизонте нет образцов

Рис. 3. Схема чередования трансгрессивно-регрессивных стадий Азовского моря по результатам диатомового анализа и абсолютной геохронологии (по [8], с дополнениями).

Fig. 3. The scheme of alternation of transgressive-regressive stages of the Azov Sea according to the results of diatom analysis and absolute geochronology (based on [8] with additional data).

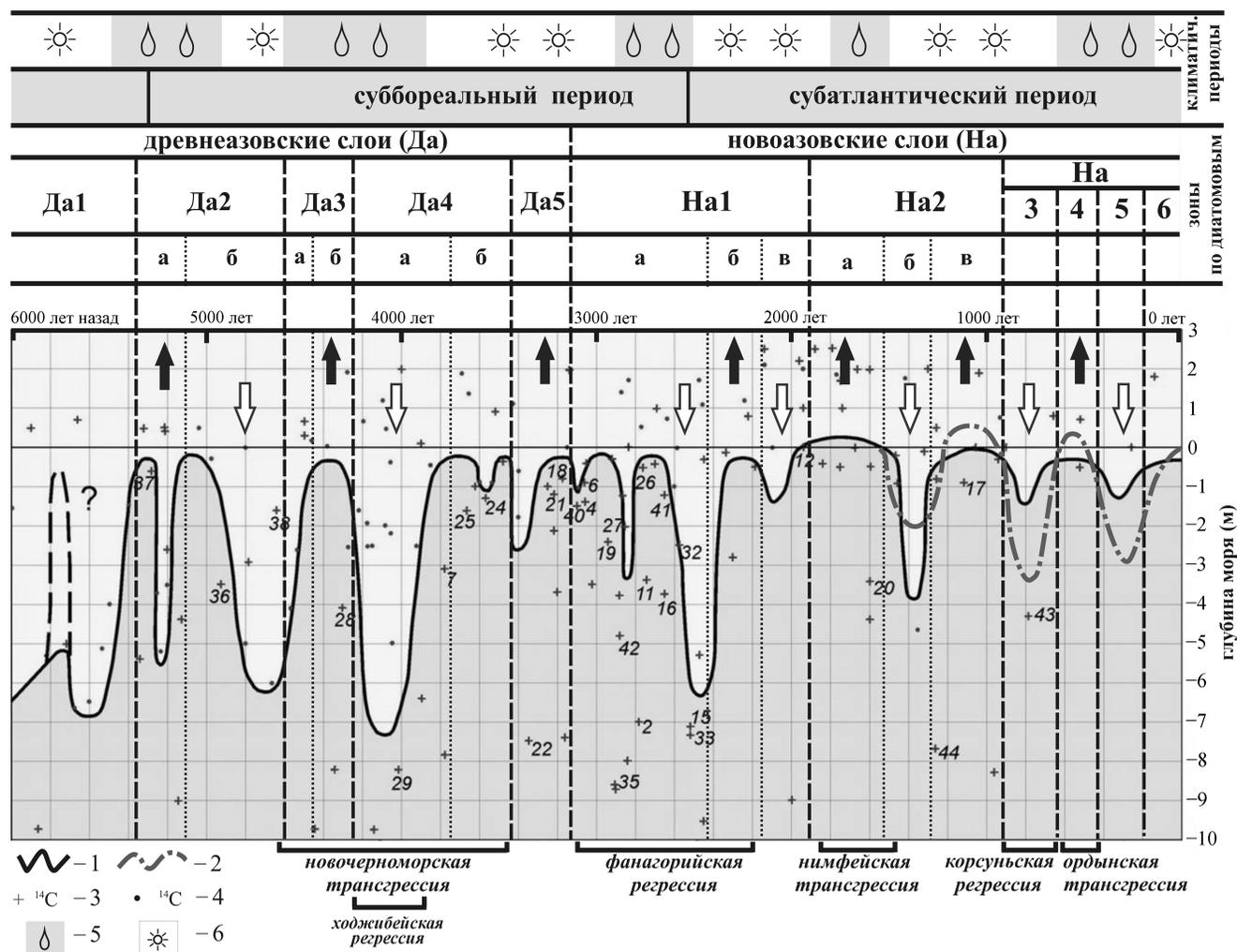


Рис. 4. Корреляция трансгрессивно-регрессивных стадий развития Азовского моря в среднем и позднем голоцене по результатам диатомового анализа и абсолютной геохронологии (по [8], с дополнениями). 1 – реконструкция уровня моря по [5]; 2 – реконструкция уровня моря по [25]; 3 – радиоуглеродные датировки (раковины моллюсков); 4 – радиоуглеродные датировки (торф); 5 – периоды гумидизации; 6 – периоды аридизации (по результатам спорово-пыльцевого анализа донных отложений Азовского моря).
Fig. 4. Correlation of the transgressive-regressive stages of the Azov Sea development in the Middle and Late Holocene with the diatom analysis results and absolute geochronology (based on [8] with additional data). 1 – sea level based on [5]; 2 – sea level based on [25]; 3 – radiocarbon dates (mollusks shells); 4 – radiocarbon dates (peat); 5 – periods of humidization; 6 – periods of aridization (according to the results of spore-pollen analysis of bottom sediments of the Azov Sea).

Сопоставление трансгрессивно-регрессивных фаз развития Азовского моря на протяжении последних 6000 лет с климатическими периодами голоцена (по Н.А. Хотинскому [28]), а также с региональными климатическими фазами, выделенными по результатам спорово-пыльцевого анализа (по тем же колонкам, которые изучались методом диатомового анализа), позволило отметить определенную взаимосвязь. Так, на рисунке 4 видно, что начало суббореального периода (5500–5000 лет назад) характеризовалось гумидными условиями, что совпало с трансгрессивной зоной, выделенной по диатомовым (Да2а), и кривой уровня моря, описанной Я.А. Измайловым [5]. Следующая фаза

отличалась усилением аридизации и сопоставима с регрессивной зоной (Да2б). Очередной этап гумидизации климата в Приазовье совпадает с началом новочерноморской трансгрессии (Да3).

Пока нет точных доказательств того, что длительный период аридизации в середине суббореального периода можно связать с возникновением фанагорийской регрессии, но начало нимфейской трансгрессии (около 2000 лет назад) определенно совпадает с периодом увлажнения климата в субатлантический период (рис. 4). На данном этапе мы можем только предположить, что климатические изменения имели разный масштаб воздействия на бассейн Азовского моря, иногда совпадая по вре-

мени, а чаще предшествуя периодам подъема или снижения уровня в водоеме. Привлечение дополнительных методов анализа (как, например, изотопного) помогут уточнить ответы на эти вопросы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Данная работа является продолжением исследований, направленных на изучение колебаний уровня Азовского моря в голоцене. Полученные ранее материалы [8] были существенно дополнены результатами анализа древнеазовских отложений, а также сравнением трансгрессивно-регрессивных циклов с региональными климатическими изменениями, происходившими в бассейне Азовского моря на протяжении последних 6 тыс. лет.

Основываясь на материалах изучения 25 колонок донных отложений, мы показали особенности видового состава диатомовых водорослей для различных трансгрессивно-регрессивных циклов Азовского моря. Выделены и описаны экостратиграфические зоны (по диатомовым водорослям) среднего и позднего голоцена Азовского моря: 5 для древнеазовских и 7 для новоазовских отложений.

Для древнеазовских слоев характерно разнообразие диатомовых водорослей из родов *Thalassiosira*, *Chaetoceros*, а также присутствие горизонтов, содержащих цисты (покоящиеся стадии) динофитовых водорослей (*Dinophyta*) и стоматоцисты золотистых водорослей. Это позволяет сделать вывод о существовании в древнеазовское время периодов с более высокой соленостью и глубиной водоема по сравнению с новоазовским.

Характерной особенностью новоазовских отложений является чередование слоев, в которых попеременно доминируют или *Actinocyclus octonarius* Ehr. и *Actinoptychus senarius* (Ehr.) Ehr., или споры рода *Chaetoceros*, соотносимые соответственно с понижением или повышением уровня моря.

Путем сопоставления материалов диатомового анализа с результатами радиоуглеродного датирования были уточнены временные интервалы трансгрессивно-регрессивных фаз в Азовском море, в том числе было подтверждено [8] наличие фанагорийской регрессии (в интервале от 3000 до 1800 ± 100 лет назад), а также нимфейской трансгрессии в новоазовское время.

Диатомовый анализ донных отложения последнего тысячелетия указывает на заметные колебания уровня моря в это время (рис. 2). Кратковременное

понижение уровня, соотносимое с этапом корсуньской регрессии (зона На3), отчетливо выделяется в период около 800–600 лет назад. Последующий непродолжительный период повышения уровня моря, сопоставимый с ордынской трансгрессией (зона На4), отмечен 600–400 лет назад.

Сопоставление трансгрессивно-регрессивных этапов развития Азовского моря (рис. 4) с региональными климатическими фазами (выделенными по результатам спорово-пыльцевого анализа) показало, что периоды увлажнения климата чаще всего совпадают по времени с периодами повышения уровня моря. Так, гумидизация климата начала суббореального периода совпадает с трансгрессивной фазой, выделенной по диатомовым (зона Да2а), и кривой уровня моря, описанной Я.А. Измайловым [5]. Начальные этапы новочерноморской (зона Да3, около 4500 лет назад) и нимфейской трансгрессий (зона На2, около 2000 лет назад) также совпадают по времени с периодом увлажнения климата.

В заключение следует отметить, что с момента обособления Азовского моря в самостоятельный морской бассейн (6500–7000 лет назад) в его истории происходили многочисленные колебания уровня. За период существования Азовского моря в его бассейне отмечены неоднократные и довольно значительные изменения климата (периоды аридизации и гумидизации) и связанная с ними смена гидролого-гидрохимического режима (трансгрессивно-регрессивные фазы). Результаты диатомового анализа показывают довольно четкую корреляцию изменений видового состава микроводорослей с этими колебаниями. Несмотря на то, что точные хронологические привязки трансгрессивно-регрессивных фаз Азовского моря в голоцене еще нуждаются в уточнениях, уже сейчас можно с уверенностью сказать, что они не идентичны по времени изменениям уровня Черного моря [27] и требуют дальнейшего изучения их региональных особенностей.

Исследования выполнены в соответствии с Государственным заданием, по теме № 0259-2015-0009 (№ госрегистрации ААА-А-16-116011910023-3) в рамках проекта «Ландшафтно-климатические и палеоокеанологические трансформации в экосистемах бассейнов внутренних морей в голоцене» программы Президиума РАН «Эволюция органического мира и планетарных процессов».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Павлидис Ю.А., Никифоров С.Л. 2007. *Обстановки морфолитогенеза в прибрежной зоне Мирового океана*. М., Наука: 455 с.
2. *Стратиграфия СССР. Четвертичная система (полутом 2)*. 1984. М., Недра: 556 с.
3. Балабанов И.П., Измайлов Я.А. 1988. Изменение уровня и гидрохимического режима Черного моря за последние 20 тыс. лет. *Водные ресурсы*. 6: 54–62.
4. Федоров П.В. 1977. Позднечетвертичная история Черного моря и развитие южных морей Европы. В кн.: *Палеогеография и отложения плейстоцена южных морей СССР*. М., Наука: 25–32.
5. Измайлов Я.А. 2005. *Эволюционная география побережий Азовского и Черного морей. Книга 1. Анапская пересыпь*. Сочи, Лазаревская полиграфия: 174 с.
6. Есин Н.И. 2014. *Динамика уровня Черного моря в последние 20 тысяч лет.: Автореф. дис. ... канд. физ.-мат. наук*. Геленджик: 24 с.
7. Brückner H., Kelterbaum D., Marunchak O., Porotov A., Vött A. 2010. The Holocene sea level story since 7500 BP – Lessons from the Eastern Mediterranean, the Black and the Azov Seas. *Quaternary International*. 225(2): 160–179. doi: 10.1016/j.quaint.2008.11.016
8. Ковалева Г.В., Измайлов Я.А., Золотарева А.Е. 2015. Диатомовые водоросли из позднеголоценовых отложений Азовского моря как индикаторы колебаний уровня водоема. *Вестник Южного научного центра*. 11(1): 53–62.
9. *Диатомовые водоросли СССР (ископаемые и современные). Т. 1*. 1974. Л., Наука: 403 с.
10. Жузе А.П. 1953. К методике технической обработки горных пород в целях диатомового анализа. В кн.: *Диатомовый сборник*. Л., изд-во ЛГУ: 206–220.
11. Эльяшев А.А. 1957. О простом способе приготовления высокопреломляющей среды для диатомового анализа. В кн.: *Труды НИИ геологии Арктики. Вып. 4*. Л.: 74–76.
12. Прошкина-Лавренко А.И. 1963. *Диатомовые водоросли планктона Азовского моря*. М. – Л., изд-во АН СССР: 190 с.
13. Krammer K., Lange-Bertalot H. 1991. Bacillariophyceae. 4. Teil: Achnantheaceae. Kritische Ergänzungen zu *Navicula* (Lineolatae) und *Gomphonema*. *Gesamtliteraturverzeichnis Teil 1–4*. In: *Süßwasserflora von Mitteleuropa. Band 2/4*. Stuttgart, Gustav Fischer Verlag: 1–437.
14. Гусялков Н.Е., Загордонцев О.А., Герасимюк В.П. 1992. *Атлас диатомовых водорослей бентоса северо-западной части Черного моря и прилегающих водоемов*. Киев, Наукова думка: 112 с.
15. *Диатомовый анализ. Книга 2. Определитель ископаемых и современных диатомовых водорослей. Порядки Centrales и Mediales*. 1949. Л., Госгеолитиздат: 238 с.
16. *Диатомовый анализ. Книга 3. Определитель ископаемых и современных диатомовых водорослей. Порядок Pennales*. 1950. Л., Госгеолитиздат: 398 с.
17. Witkowski A., Lange-Bertalot H., Metzeltin D. 2000. Diatom flora of marine coasts. Part I. In: *Iconographia Diatomologica. Vol. 7. Annotated Diatom Micrographs*. Königstein, Koeltz Scientific Books: 1–925.
18. Lange-Bertalot H. 2001. *Diatoms of Europe. Volume 2. Navicula sensu stricto, 10 genera separated from Navicula sensu lato Frustulia*. Ruggell, Liechtenstein, A.R.G. Gantner Verlag K.G.: 526 p.
19. Караева Н.И. 1972. *Диатомовые водоросли бентоса Каспийского моря*. Баку, Эльм: 258 с.
20. Матишов Г.Г., Дюжова К.В., Ковалева Г.В., Польшин В.В. 2016. Новые данные об осадконакоплении и биостратиграфии древне- и новоазовских отложений (Азовское море). *Доклады Академии наук*. 467(4): 463–467. doi: 10.7868/S0869565216100194
21. Матишов Г.Г., Ковалева Г.В., Новенко Е.Ю. 2007. Результаты спорово-пыльцевого и диатомового анализа грунтовых колонок азовского шельфа. *Доклады Академии наук*. 416(2): 250–255.
22. Матишов Г.Г., Ковалева Г.В., Польшин В.В. 2009. Новые данные о скорости седиментации в Азовском море в позднем голоцене. *Доклады Академии наук*. 428(6): 820–823.
23. Маев Е.Г., Мысливец В.И., Зверев А.С. 2009. Строение верхнего слоя осадков и рельеф дна Таганрогского залива Азовского моря. *Вестник Московского университета. Серия 5. География*. 5: 78–82.
24. Matishev G.G., Kovaleva G.V., Novenko E.Yu., Krasnorutskaya K.V., Pol'shin V.V. 2013. Paleogeography of the Sea of Azov region in the Late Holocene (reconstruction by diatom and pollen data from marine sediments). *Quaternary International*. 284: 123–131. doi: 10.1016/j.quaint.2012.05.044
25. Артюхин Ю.В. 2012. Природные катаклизмы как одна из причин «великой замятни» в Золотой орде и возникновения Азака. *Боспорские исследования*. 26: 314–334.
26. Ковалева Г.В., Золотарева А.Е. 2016. Биостратиграфические данные для изучения изменений уровня Азовского моря в среднем и позднем голоцене. В кн.: *Экология. Экономика. Информатика. Т. 1. Системный анализ и моделирование экономических и экологических систем. Вып. 2*. Ростов н/Д, изд-во ЮНЦ РАН: 263–271.
27. Янко-Хомбах В.В., Смынгына Е.В., Кадуринов С.В., Ларченков Е.П., Мотненко И.В., Какаранза С.В., Киосак Д.В. 2011. Колебания уровня Черного моря и адаптационная стратегия древнего человека за последние 30 тысяч лет. *Геология и полезные ископаемые Мирового океана*. 2: 61–94.
28. Хотинский Н.А. 1977. *Голоцен Северной Евразии*. М., Наука: 200 с.

REFERENCES

1. Pavlidis Yu.A., Nikiforov S.L. 2007. *Obstanovki morfolitogeneza v pribrezhnoy zone Mirovogo okeana*. [The situation of morpholithogenesis in the coastal zone of the World Ocean]. Moscow, Nauka: 455 p. (In Russian).
2. *Stratigrafiya SSSR. Chetvertichnaya sistema (polutom 2)*. [Stratigraphy of the USSR. Quarter system (volume 2)]. Moscow, Nedra: 556 p. (In Russian).
3. Balabanov I.P., Izmailov Ya.A. 1988. [Sea level and hydrochemical condition changes of the Black Sea during the last 20 ka years]. *Vodnye resursy*. 6: 54–62. (In Russian).
4. Fedorov P.V. 1977. [Late Quaternary history of the Black Sea and development of the European southern seas]. In: *Paleogeografiya i otlozheniya pleystotsena yuzhnykh morey*

- SSSR. [Pleistocene paleography and sediments in southern seas of the USSR]. Moscow, Nauka: 25–32. (In Russian).
5. Izmailov Ya.A. 2005. *Evolutsionnaya geografiya poberezhnykh Azovskogo i Chernogo morei. Kniga 1. Anapskaya peresyp'*. [Evolution geography of the coastal zone of the Sea of Azov and Black Sea. Vol. 1. Anapskaya peresyp' (Anapa bay bar)]. Sochi, Lazarevskaya poligrafiya: 174 p. (In Russian).
 6. Esin N.I. 2014. *Dinamika urovnya Chernogo morya v poslednie 20 tysyach let. [Dynamics of the level of the Black Sea in the last 20 thousand years. PhD Abstract]*. Gelendzhik: 24 p. (In Russian).
 7. Brückner H., Kelterbaum D., Marunchak O., Porotov A., Vött A. 2010. The Holocene sea level story since 7500 BP – Lessons from the Eastern Mediterranean, the Black and the Azov Seas. *Quaternary International*. 225(2): 160–179. doi: 10.1016/j.quaint.2008.11.016
 8. Kovaleva G.V., Izmailov Ya.A., Zolotareva A.E. 2015. [Diatom algae of the Sea of Azov Late Holocene sediments as an indicator of the sea-level fluctuations]. *Vestnik Yuzhnogo nauchnogo tsentra*. 11(1): 53–62. (In Russian).
 9. *Diatomovye vodorosli SSSR (iskopaemye i sovremennyye). T. 1. [The diatoms of the USSR (fossil and recent). Vol. 1]*. 1974. Leningrad, Nauka: 403 p. (In Russian).
 10. Zhuze A.P. 1953. [About the methods of the technical processing of the rocks in case of the diatom analysis]. In: *Diatomovyy sbornik. [Diatom digest]*. Leningrad, Leningrad State University Publishers: 206–220. (In Russian).
 11. El'yashev A.A. 1957. [On the easy method of highly-refracting medium preparation for diatom analysis]. In: *Trudy NII geologii Arktiki. [Proceedings of the RI Geology of the Arctic. Iss. 4]*. Leningrad: 74–76. (In Russian).
 12. Proshkina-Lavrenko A.I. 1963. *Diatomovye vodorosli planktona Azovskogo morya. [Diatoms of the Plankton of the Sea of Azov]*. Moscow, Leningrad, Academy of Sciences of the USSR Publishers: 190 p. (In Russian).
 13. Krammer K., Lange-Bertalot H. 1991. Bacillariophyceae. 4. Teil: Achnanthaceae. Kritische Ergänzungen zu *Navicula* (Lineolatae) und *Gomphonema*. Gesamtliteraturverzeichnis Teil 1–4. In: *Süßwasserflora von Mitteleuropa. Band 2/4*. Stuttgart, Gustav Fischer Verlag: 1–437.
 14. Guslyakov N.E., Zakordonets O.A., Gerasimyuk V.P. 1992. *Atlas diatomovykh vodorosley bentosa severo-zapadnoy chasti Chernogo morya i prilgayushchikh vodoemov. [Atlas of the benthic diatoms from the Northwestern Black Sea and the nearest basins]*. Kiev, Naukova dumka: 112 p. (In Russian).
 15. *Diatomovyy analiz. Kniga 2. Opredelitel' iskopaemykh i sovremennykh diatomovykh vodorosley. Poryadki Centrales i Mediales. [Diatom analysis. Book 2. The key to fossil and recent diatoms. Orders Centrales and Mediales]*. 1949. Leningrad, Gosgeolizdat: 238 p. (In Russian).
 16. *Diatomovyy analiz. Kniga 3. Opredelitel' iskopaemykh i sovremennykh diatomovykh vodorosley. Poryadok Pennales. [Diatom analysis. Book 3. The key to fossil and recent diatoms. Order Pennales]*. 1950. Leningrad, Gosgeolizdat: 398 p. (In Russian).
 17. Witkowski A., Lange-Bertalot H., Metzeltin D. 2000. Diatom flora of marine coasts. Part I. In: *Iconographia Diatomologica. Vol. 7. Annotated Diatom Micrographs*. Königstein, Koeltz Scientific Books: 1–925.
 18. Lange-Bertalot H. 2001. *Diatoms of Europe. Volume 2. Navicula sensu stricto, 10 genera separated from Navicula sensu lato Frustulia*. Ruggell, Liechtenstein, A.R.G. Gantner Verlag K.G.: 526 p.
 19. Karaeva N.I. 1972. *Diatomovye vodorosli bentosa Kaspiyskogo morya. [Benthic diatoms of the Caspian Sea]*. Baku, Elm: 258 p. (In Russian).
 20. Matishov G.G., Dyuzhova K.V., Kovaleva G.V., Pol'shin V.V. 2016. New data on sedimentation and biostratigraphy of ancient and New Azov Deposits (Sea of Azov). *Doklady Earth Sciences*. 467(2): 371–375. doi: 10.1134/S1028334X16040048
 21. Matishov G.G., Kovaleva G.V., Novenko E.Yu. 2007. Results of spore-and-pollen and diatom analyses of columns on the shelf of the Sea of Azov. *Doklady Earth Sciences*. 416(1): 1079–1084. doi: 10.1134/S1028334X07070227
 22. Matishov G.G., Kovaleva G.V., Pol'shin V.V. 2009. New data on the sedimentation rate in the Sea of Azov in the Late Holocene. *Doklady Earth Sciences*. 429(1): 1369–1372. doi: 10.1134/S1028334X09080285
 23. Mayev E.G., Myslivets V.I., Zverev A.S. 2009. [Structure of the upper sediment layer and the bottom relief of the Taganrog Bay of the Azov Sea]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5. Geografiya*. 5: 78–82. (In Russian).
 24. Matishov G.G., Kovaleva G.V., Novenko E.Yu., Krasnorutskaya K.V., Pol'shin V.V. 2013. Paleogeography of the Sea of Azov region in the Late Holocene (reconstruction by diatom and pollen data from marine sediments). *Quaternary International*. 284: 123–131. doi: 10.1016/j.quaint.2012.05.044
 25. Artyukhin Y.V. 2012. [Natural disasters as causes of “Great zamyatnya” in the Golden horde and the emergence of Azak]. *Bosporskie issledovaniya*. 26: 314–334. (In Russian).
 26. Kovaleva G.V., Zolotareva A.E. 2016. [Biostratigraphic data for studying changes in the level of the Sea of Azov in the Middle and Late Holocene]. In: *Ekologiya. Ekonomika. Informatika. T. 1. Sistemyy analiz i modelirovanie ekonomicheskikh i ekologicheskikh sistem. Vyp. 2. [Ecology. Economy. Informatics. Vol. 1. System analysis and modeling of economic and ecological systems. Issue 2]*. Rostov-on-Don, Southern Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences Publishers: 263–271. (In Russian).
 27. Yanko-Khombakh V.V., Smyntyna E.V., Kadurin S.V., Larchenkov E.P., Motnenko I.V., Kakaranza S.V., Kiosak D.V. 2011. [Fluctuations in the level of the Black Sea and the adaptation strategy of the ancient man over the past 30 thousand years]. *Geologiya i poleznye iskopaemye Mirovogo okeana*. 2: 61–94. (In Russian).
 28. Khotinskiy N.A. 1977. *Golotsen Severnoy Evrazii. [The Holocene of Northern Eurasia]*. Moscow, Nauka: 200 p. (In Russian).

Поступила 28.07.2017