

УДК 561.26: 551.35 (262.54)  
DOI: 10.7868/S25000640190206

## ДИАТОМОВЫЙ АНАЛИЗ ГОЛОЦЕНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ТАГАНРОГСКОГО ЗАЛИВА

© 2019 г. Г.В. Ковалева<sup>1</sup>, А.В. Назаренко<sup>1</sup>

**Аннотация.** Впервые представлены результаты диатомового анализа донных отложений ново- и древнеазовского времени из Таганрогского залива. Работа является продолжением исследований флоры диатомовых водорослей, обитавшей в бассейне Азовского моря на протяжении последних 6,5 тыс. лет. В результате анализа керна Tz-VII из осевой части Таганрогского залива (возраст отложений определен от современности до 5,5 тыс. лет назад) были выявлены 55 видов и 5 вариантов диатомовых водорослей из 29 родов. Описано отличие состава доминирующих видов диатомовой флоры Таганрогского залива от флоры, существовавшей в ново- и древнеазовское время в акватории открытой части Азовского моря. Доминирующие в море представители рода *Actinocyclus* Ehrh. в донных отложениях Таганрогского залива встречаются редко, а в заливе отмечено массовое развитие *Thalassiosira incerta* и *T. decipiens*. Разнообразие морфологических форм *T. incerta* может сравниться с высокой морфологической изменчивостью вариантов *Actinocyclus octonarius*, отмеченной в новоазовских отложениях из колонок, отобранных в открытой части моря. Экология *Thalassiosira incerta*, обитающего в современных реках и водохранилищах, позволяет предположить, что в период массового развития этого вида в древне- и новоазовское время бассейн, расположенный на месте современного Таганрогского залива, представлял собой проточный водоем с высокой скоростью течения. Характерной особенностью донных отложений Таганрогского залива стали перерывы в осадконакоплении створок диатомовых водорослей, которые коррелируют с периодами регрессий и свидетельствуют о субэаральных условиях осадконакопления. Древнеазовские отложения в Таганрогском заливе представлены очень подробно, что позволило выделить несколько экостратиграфических подзон, которые не были выявлены ранее в кернах из открытой части Азовского моря. Сделан вывод о том, что диатомовая флора средне- и верхнеголоценовых отложений Азовского моря и Таганрогского залива быстро реагировала на смену палеоэкологических условий (на что указывает частота смены доминирующих таксонов), что делает диатомовые водоросли перспективным объектом при дальнейшей детализации биостратиграфической шкалы голоценовых отложений Азовского моря. Временные интервалы изменений уровня воды в Азовском море не совпадают с трансгрессивно-регрессивными циклами в черноморском бассейне, имеют свои региональные особенности, связанные с относительной изолированностью от Черного и Каспийского морей.

**Ключевые слова:** диатомовые, голоценовые отложения, древнеазовские и новоазовские отложения, Таганрогский залив, Азовское море.

### THE DIATOMS ANALYSIS OF HOLOCENE DEPOSITS OF TAGANROG BAY

G.V. Kovaleva<sup>1</sup>, A.V. Nazarenko<sup>1</sup>

**Abstract.** The results of diatom analysis of Taganrog Bay bottom sediments of New Azov and Ancient Azov periods are first presented in the article. This work serves as an extension to the studies of diatoms flora that has been living in the Azov Sea basin for the last 6.5 thousand years. As a result of Tz-VII core analysis obtained from Taganrog Bay axial part (the age range of which is up to 5.5 thousand years from our time), 55 species and 5 varieties of diatoms from 29 genera were identified. The difference in composition between diatoms flora dominant species of Taganrog Bay and the flora that existed in the New Azov and Ancient

<sup>1</sup> Федеральный исследовательский центр Южный научный центр Российской академии наук (Federal Research Centre the Southern Scientific Centre of the 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

Azov time at the open part of the Azov Sea was described. It is noted that the sea dominant representatives of the genus *Actinocyclus* Ehr. are rare in the bottom sediments of Taganrog Bay, while bay representatives *Thalassiosira incerta* and *T. decipiens* got a massive development in there. The diversity of the morphological shapes of *T. incerta* can be compared with the high morphological change ability of *Actinocyclus octonarius* varieties, noted in the New Azov sediments from the core samples collected in the open part of the sea. The ecology of the *Thalassiosira incerta* species (inhabiting modern rivers and reservoirs) allows us to suggest that the reservoir located on the territory of modern Taganrog Bay was a high flow velocity waterway during the period of mass development of this species in Ancient Azov and New Azov period. A characteristic feature of the bottom sediments of Taganrog Bay was the breaks of diatoms section deposition, which correlate with regression periods and indicate subaerial sedimentation conditions. The Ancient Azov sediments are presented in great detail in Taganrog Bay. That made it possible to select several ecostratigraphic subzones that were not previously identified in cores from the open part of the Azov Sea. It was concluded that the diatoms flora of the Middle and High Holocene sediments of the Azov Sea and Taganrog Bay responded quickly to changes of paleoecological conditions (as indicated by the frequency of dominant sippe change), making diatoms a promising object for further detailing of the biostratigraphic scale of the Azov Sea Holocene sediments. The Azov Sea level changes time intervals do not coincide with the transgressive-regressive cycles in the Black Sea basin, they have their own regional features associated with relative isolation from the Black and Caspian seas.

**Keywords:** diatoms, Holocene sediments, Ancient Azov sediments, New Azov sediments, Taganrog Bay, Azov Sea.

## ВВЕДЕНИЕ

История Азовского моря как самостоятельного водоема началась около 6,5–7 тыс. лет назад (имеется в виду радиоуглеродный возраст, который соответствует 7,4–7,8 тыс. календарных лет назад) [1; 2]. В связи с мелководностью и небольшой площадью во время некоторых голоценовых регрессий Азовское море почти полностью исчезало. До начала черноморской трансгрессии на месте нынешнего Азовского моря располагались разрозненные лиманы и русла палеорек Дона и Кубани. Лиманная стадия продолжалась от 7 до 5,5 тыс. лет назад, а затем черноморские воды стали проникать через Керченский пролив вглубь, следуя по руслу палео-Дона [1]. Древнеазовский период существования Азовского моря (древнеазовские отложения) длился от 6,5 до 3 тыс. лет назад. Водораздельные низменные территории междуречий Дона и Кубани начали затопляться около 5,5 тыс. лет назад [1], а наиболее близкие к современным условия сформировались в Азовском море около 3 тыс. лет назад (новоазовские отложения).

Работы по изучению голоценовых донных отложений Азовского моря проводятся нами на протяжении последних 13 лет. За это время собран и обобщен обширный фактический материал по био-стратиграфии, литологии и абсолютному возрасту осадков [3–10].

Обобщение данных радиоуглеродных датировок [7] (здесь и далее нами используются значения

календарного возраста) из 25 кернов с результатами микропалеонтологического анализа позволило уточнить возраст и мощность донных отложений Азовского моря [6; 10; 11]. Установлено, что практически во всей акватории моря (за исключением Таганрогского залива) верхние 3 м донных отложений сложены осадками новоазовского времени (возраст от 3,1 тыс. лет до настоящего времени). В единичных случаях в глубоководной части моря в кернах мощностью до 3 м обнаружены древнеазовские (6,5–3,1 тыс. лет назад) отложения. В Таганрогском заливе, наоборот, новоазовские слои имеют небольшую мощность (около 20–45 см) и в основном сложены древнеазовскими и более древними осадками [7].

Диатомовый анализ **новоазовских отложений (от 3,1 тыс. лет назад до настоящего времени)** открытой части Азовского моря (то есть акватории моря, исключая Таганрогский залив) показал общие тенденции в смене видового состава микрородослей. Во всех колонках отмечено характерное для новоазовских отложений чередование слоев, в которых попеременно доминируют *Actinocyclus octonarius* Ehr., *Actinoptychus senarius* (Ehr.) Ehr. или представители рода *Chaetoceros* [6; 8–11]. Противоположные экологические характеристики этих видов позволяют использовать их в качестве индикаторов изменения уровня моря. Преобладание в осадочной толще *Actinocyclus octonarius* и *Actinoptychus senarius* позволяет предположить, что в этот период уровень моря был невысоким, и,

напротив, увеличение в отложениях спор морского рода *Chaetoceros* маркирует этапы существования водоема с высокой гидродинамической активностью и повышением уровня моря [6; 8–11]. Для отложений новоазовского времени в Таганрогском заливе такая закономерность не выявлена.

Диатомовый анализ **древнеазовских отложений (6,5–3,1 тыс. лет назад)** открытой части Азовского моря показал, что эти слои характеризуются разнообразием диатомовых водорослей из родов *Thalassiosira* и *Chaetoceros*, а также присутствием горизонтов, содержащих цисты (покоящиеся стадии) динофитовых водорослей (Dinophyta). Это позволяет сделать вывод о существовании в древнеазовское время периодов с более высокой соленостью и глубиной водоема по сравнению с новоазовским. Еще одной особенностью древнеазовских отложений является наличие слоев с высокой численностью стоматоцист золотистых водорослей. Современные представители отдела Chrysophyta 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*, мы сопоставляем эти отложения с условиями опресненного мелководья.

Сравнение результатов диатомового анализа с данными радиоуглеродного датирования позволило выделить и описать в открытой части Азовского моря 5 экостратиграфических зон для древнеазовских и 7 для новоазовских отложений [9–11].

Биостратиграфические зоны, выделенные по анализу изменения диатомовой флоры, коррелируют с трансгрессивно-регрессивными циклами Азовского моря (в частности, с кривой изменений уровня моря, предложенной Я.А. Измайловым [12]). Поскольку результаты диатомового анализа не могут дать точной информации об изменении уровня или границ водоема, при сравнении данных мы сопоставляем периоды повышения или понижения уровня воды в море. Нами были скорректированы временные интервалы существования трансгрессивно-регрессивных фаз в Азовском море на протяжении последних 6 тыс. лет [10; 11], которые не совпадают с описанными для черноморского бассейна и отражают региональные особенности и относительную изолированность Азовского моря от Черного и Каспийского морей.

Полученные ранее данные касались только открытой части Азовского моря. В данной работе

впервые публикуются результаты диатомового анализа донных отложений Таганрогского залива.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В работе проанализированы данные диатомового анализа колонки донных отложений Tz-VII (47°04'248" с.ш., 38°28'301" в.д.), отобранной в осевой части Таганрогского залива (рис. 1, карта) в июле 2013 г. с помощью гравитационной прямой трубки с борта научно-исследовательского судна «Денеб». Описание литологии и данные радиоуглеродного датирования исследованной колонки опубликованы ранее [7]. Мощность исследованного керна составила 2,2 м. Отбор образцов для диатомового анализа производили через каждые 2–5 см. Всего методом диатомового анализа было исследовано 45 образцов.

При выделении створок диатомовых из грунта применяли традиционные методы диатомового анализа [13; 14] с модификациями, описанными ранее [9]. Для видовой идентификации диатомовых водорослей в световом микроскопе изготавливали постоянные препараты с использованием смолы Naphrax. Идентификацию диатомовых водорослей проводили с использованием светового микроскопа Leica DME, а также сканирующего электронного микроскопа Carl Zeiss EVO 40 XVP в Центре коллективного пользования Южного научного центра Российской академии наук «Объединенный центр научно-технологического оборудования ЮНЦ РАН (исследование разработка апробация)».

Определение таксономической принадлежности микроводорослей проводили по монографическим сводкам, отдельным работам и определителям [15–22 и др.].

Определение абсолютного возраста выполняли радиоуглеродным методом (<sup>14</sup>C) по образцам раковин моллюсков в Лаборатории геоморфологических и палеогеографических исследований полярных регионов и Мирового океана им. В.П. Кёплена Санкт-Петербургского государственного университета [7]. Значения календарного возраста получены при помощи калибровочных программ «CalPal 2007 HULU» и «OxCal 4.2», калибровочная кривая «IntCal 13».

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

**Эколого-флористический анализ.** В результате анализа отложений, возраст которых опреде-

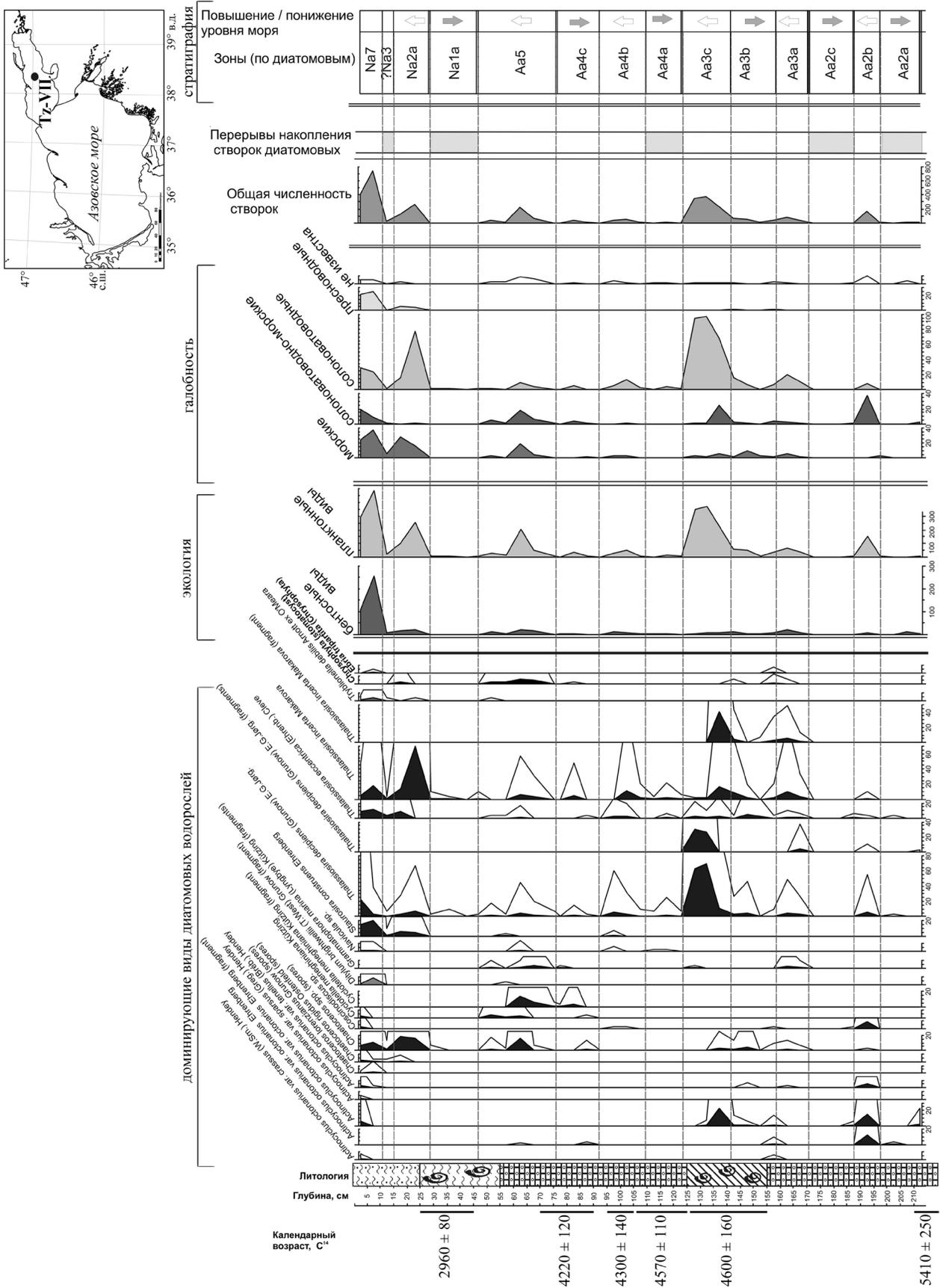


Рис. 1. Диатомовый анализ колонки Tz-VII, включающий анализ экологии и галобности доминирующих видов диатомовых.  
 Fig. 1. Diatom analysis of Tz-VII core, including of ecology analysis and halobity analysis of the dominant diatoms species.

лен от современного периода до 5,5 тыс. лет назад, были выявлены 55 видов и 5 вариантов диатомовых водорослей из 29 родов (табл. 1). Помимо этого, в колонке отмечено присутствие в некоторых слоях покоящихся спор динофитовых водорослей (Dinophyta), стоматоцисты золотистых водорослей (Chrysophyta) и *Ebria tripartita* (J. Schumann) Lemmermann (Chrysophyta).

Результаты распределения диатомовых водорослей по глубине колонки показали не только довольно частую смену доминирующих видов, но и 4 слоя (26–45 см, 110–126 см, 170–190 см, 200–220 см), в которых содержание створок было крайне мало-численным либо они совсем отсутствовали. По нашему мнению, эти слои сопоставимы с периодами регрессий и, вероятней всего, свидетельствуют о субаэральных условиях осадконакопления (рис. 1).

В целом видовой состав диатомовых, выявленных в колонке Tz-VII, отобранной в осевой части Таганрогского залива, сходен с изученной нами ранее флорой из колонок, отобранных в открытой части Азовского моря. Существенные отличия между морем и заливом выявлены в распределении доминирующих видов диатомовых. Если в открытой части моря в новоазовских отложениях доминируют слои с разными вариантами *Actinocyclus octonarius*, то в заливе данный вид представлен единичными створками (чаще всего – фрагментами створок). Среди представителей вида *Actinocyclus octonarius* чаще встречались фрагменты створок типовой формы (*A. octonarius* var. *octonarius*), а из ее разновидностей чаще всего отмечали *A. octonarius* var. *tenellus*, *A. octonarius* var. *crassus*, *A. octonarius* var. *sparsus* (рис. 1, 2). В отличие от колонок из моря, в заливе разновидности *A. octonarius* обнаружены только в древнеазовских отложениях.

В колонке Tz-VII самыми массовыми были 2 вида из рода *Thalassiosira*: *T. incerta* и *T. decipiens* (рис. 2). Пики их численности сопоставляются нами с трансгрессивными стадиями (рис. 1).

Экология *Thalassiosira incerta* в современных водоемах изучена довольно хорошо [24]. Это солоноватоводный вид, обитатель морских и эстуарных вод. Экосистемный оптимум *T. incerta* – истинно речные условия крупных незарегулированных рек с минерализацией >500 мг/л. Судя по литературным данным [24], снижение интенсивности водообмена и скорости течения (при сходных гидрохимических параметрах) приводит к уменьшению биомассы и вытеснению *T. incerta* другими видами фитопланктона. Это позволяет предположить, что слои с вы-

сокой численностью *T. incerta* накапливались в то время, когда водный бассейн, расположенный на месте современного Таганрогского залива, представлял собой полноводный проточный водоем с высокой скоростью течения.

Второй по важности индикаторной группой в колонке Tz-VII следует считать покоящиеся споры рода *Chaetoceros* (рис. 1, 2). Достоверно идентифицировано только 2 вида: *Chaetoceros lorenzianus* и *C. rigidus*, – чьи споры имеют характерные диагностические признаки. Остальные споры идентифицированы лишь до рода и рассматриваются как единая индикаторная группа. В результате изучения осадков Норвежского [25] и Балтийского [26] морей было показано, что если соотношение между насыщенностью видами других родов диатомовых водорослей и покоящимися спорами *Chaetoceros* имеет перевес в сторону спор, это указывает на нестабильные гидролого-гидрохимические условия в водоеме. К аналогичным выводам пришли и мы при изучении голоценовых отложений открытой части Азовского моря [27]. В колонке из Таганрогского залива споры *Chaetoceros* не достигали такой высокой численности, как в кернах из открытой части Азовского моря, но, тем не менее, они, как и *T. incerta*, появлялись в периоды трансгрессий, когда Таганрогский залив превращался в полноводный проточный водоем.

Как и в кернах из открытой части моря, в колонке Tz-VII единично отмечено присутствие кремнистых стоматоцист золотистых водорослей (Chrysophyta) (рис. 1, 2). Их таксономическая идентификация затруднена и экология плохо известна. В колонках из открытой части Азовского моря мы сопоставляем горизонты, где присутствуют стоматоцисты Chrysophyta, с регрессивными стадиями, поскольку в тех же слоях в массе развиваются разновидности *Actinocyclus octonarius*. В Таганрогском заливе, напротив, горизонты, в которых обнаружены стоматоцисты золотистых водорослей, соответствовали слоям, где отмечено присутствие спор *Chaetoceros*, то есть трансгрессивным фазам.

Помимо упомянутых выше таксонов в колонке Tz-VII часто присутствуют пеннатные диатомовые (из родов *Navicula*, *Nitzschia*, *Tryblionella* и др.), характерные для бентосных и перифитонных биотопов. Мы связываем это с мелководностью залива и близостью побережья, где есть подходящие для развития этих экологических групп микроводорослей субстраты. Поскольку встречаемость пеннатных диатомовых в донных отложениях невысока и

**Таблица 1.** Видовой состав диатомовых водорослей из колонки донных отложений Tz-VII (Таганрогский залив)  
**Table 1.** Species composition of diatoms from the core of sediments Tz-VII (Taganrog Bay)

Таксон Taxon	Отношение к солености Relation to salinity
Bacillariophyta	
<i>Achnanthes</i> sp.	–
<i>Actinocyclus octonarius</i> var. <i>crassus</i> (W. Sm.) Hendeу	морской / marine
<i>Actinocyclus octonarius</i> var. <i>octonarius</i> Ehrenberg	солонатоводно-морской / brackish marine
<i>Actinocyclus octonarius</i> var. <i>sparsus</i> (Greg.) Hendeу	морской / marine
<i>Actinocyclus octonarius</i> var. <i>tenellus</i> (Bréb.) Hendeу	солонатоводно-морской / brackish marine
<i>Actinocyclus pseudopodolicus</i> Kovaleva et Gogorev	солонатоводный / brackish
<i>Amphora pediculus</i> (Kützing) Grunow	пресноводный / freshwater
<i>Amphora</i> sp.	–
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen	пресноводный / freshwater
<i>Campylodiscus daemelianus</i> Grunow	солонатоводно-морской / brackish marine
<i>Chaetoceros lorenzianus</i> Grunow (споры)	морской / marine
<i>Chaetoceros rigidus</i> Ostenfeld (споры)	морской / marine
<i>Chaetoceros</i> spp. (споры)	–
<i>Cocconeis pediculus</i> Ehrenberg	пресноводный / freshwater
<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg	пресноводный / freshwater
<i>Coscinodiscus</i> sp.	–
<i>Craticula halophila</i> (Grunow) D.G. Mann (= <i>Navicula halophila</i> (Grunow) Cleve)	солонатоводный / freshwater
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing	солонатоводно-морской / brackish marine
<i>Cyclotella tuberculata</i> Makarova & Loginova	пресноводный / freshwater
<i>Diatoma tenuis</i> C. Agardh (= <i>Diatoma elongata</i> var. <i>tenuis</i> (C. Agardh) Van Heurck)	пресноводный / freshwater
<i>Diploneis didyma</i> (Ehrenberg) Ehrenberg	солонатоводно-морской / brackish marine
<i>Diploneis elliptica</i> (Kützing) Cleve	солонатоводно-морской / brackish marine
<i>Diploneis</i> sp.	–
<i>Ditylum brightwellii</i> (T. West) Grunow	морской / marine
<i>Fragilaria</i> sp.	–
<i>Gomphonema intricatum</i> var. <i>pumila</i> f. <i>minutissima</i> Manguin	–
<i>Grammatophora marina</i> (Lyngbye) Kützing	морской / marine
<i>Gyrosigma</i> sp.	–
<i>Gyrosigma strigilis</i> (W.Smith) J.W. Griffin & Henfrey	солонатоводный / brackish
<i>Halamphora coffeiformis</i> (C.Agardh) Levkov (= <i>Amphora coffeiformis</i> (C.Agardh) Kützing)	солонатоводно-морской / brackish marine
<i>Luticola mutica</i> (Kützing) D.G. Mann (= <i>Navicula mutica</i> Kützing)	солонатоводный / brackish
<i>Navicula digitoradiata</i> (W. Gregory) Ralfs	солонатоводно-морской / brackish marine
<i>Navicula pontica</i> (Mereschkowsky) A. Witkowski, M. Kulikovskiy, E. Nevrova & Lange-Bertalot	морской / marine
<i>Navicula rhynchocephala</i> Kützing	солонатоводно-морской / brackish marine
<i>Navicula rhynchocephala</i> var. <i>orientalis</i> (Kisseleva) Kisselev	морской / marine
<i>Navicula</i> sp.	–

Окончание табл. 1

<i>Navicula tenella</i> Brébisson ex Kützing (= <i>Navicula radiosa</i> var. <i>tenella</i> (Brébisson ex Kützing) Van Heurck)	пресноводный / freshwater
<i>Nitzschia recta</i> Hantzsch ex Rabenhors	солонатоводно-морской / brackish marine
<i>Nitzschia sigma</i> (Kützing) W.Smith	солонатоводный / brackish
<i>Nitzschia</i> sp. 1	–
<i>Nitzschia</i> sp. 2	–
<i>Pinnularia microstauron</i> (Ehrenberg) Cleve	пресноводный / freshwater
<i>Skeletonema costatum</i> (Greville) Cleve	солонатоводно-морской / brackish marine
<i>Staurosira construens</i> Ehrenberg (= <i>Fragilaria construens</i> (Ehrenberg) Grunow)	пресноводный / freshwater
<i>Staurosirella martyi</i> (Héribaud-Joseph) E.A. Morales & K.M. Manoylov (= <i>Opephora martyi</i> Héribaud-Joseph)	солонатоводно-морской / brackish marine
<i>Stephanodiscus astraea</i> (Kützing) Grunow	пресноводный / freshwater
<i>Stephanodiscus hantzschii</i> Grunow	солонатоводно-морской / brackish marine
<i>Surirella minuta</i> Brébisson ex Kützing (= <i>Surirella ovata</i> Kützing)	пресноводный / freshwater
<i>Surirella ovalis</i> Brébisson	пресноводный / freshwater
<i>Thalassionema nitzschioides</i> (Grunow) Mereschkowsky	морской / marine
<i>Thalassiosira azovica</i> Gogorev et Kovaleva	солонатоводный / brackish
<i>Thalassiosira baltica</i> (Grunow) Ostenf.	солонатоводный / brackish
<i>Thalassiosira decipiens</i> (Grunow) E.G. Jørg.	солонатоводный / brackish
<i>Thalassiosira eccentrica</i> (Ehrenb.) Cleve	морской / marine
<i>Thalassiosira incerta</i> Makarova	солонатоводный / brackish
<i>Tryblionella debilis</i> Arnott ex O'Meara	солонатоводно-морской / brackish marine
<i>Tryblionella levidensis</i> W. Smith	морской / marine
<i>Tryblionella punctata</i> var. <i>coarcta</i> (Grunow) Diog-Ramos	морской / marine
<i>Tryblionella punctata</i> W. Smith	солонатоводно-морской / brackish marine
<i>Tryblionella tryblionella</i> (Hantzsch) Prochazka	пресноводный / freshwater
Прочие Other	
Dinophyta (покоящиеся стадии / resting condition)	морской / marine
Chrysophyta (стоматоцисты / stomatocysts)	–
<i>Ebria tripartita</i> (J. Schumann) Lemmermann (= <i>Dictyocha tripartita</i> J. Schumann)	солонатоводно-морской / brackish marine

*Примечание.* Названия видов приведены в соответствии с базой данных «AlgaeBase» [23]. Знак «=» означает базиним, который использовался для вида ранее.

*Note.* The above species names are in accordance with the “AlgaeBase” database [23]. The sign ‘=’ means the bazinonym that was used for the species before.

в основном заметной численности они достигали только в самых верхних слоях, мы не рассматриваем их как значимую индикаторную группу.

Отдельно следует отметить лишь обнаружение створок *Grammatophora marina* (рис. 2) – морского вида, периодически появляющегося в слоях, которые мы относим к новочерноморской трансгрес-

сии (рис. 1, диатомовые зоны Aa3, Aa4, Aa5). Современный ареал этого вида в бассейне Азовского моря ограничивается его южным районом (северная часть Керченского пролива) [28], где соленость воды составляет не менее 12–14 ‰. Мы считаем, что наличие *Grammatophora marina* в донных отложениях колонки Tz-VII может быть связано с

периодическим проникновением морских вод в акваторию Таганрогского залива (в ходе новочерноморской трансгрессии).

Экологический анализ соотношения бентосных и планктонных видов по глубине колонки (рис. 1) показал, что донные формы единично встречаются по всей толще керна, но заметной численности достигают только в верхней его части (зона Na7).

Распределение видов с разным отношением к солености отражает частую смену экологических условий в Таганрогском заливе на протяжении последних 5 тыс. лет. Самыми массовыми в колонке были солоноватоводные виды. Уступающие им по численности морские и солоноватоводно-морские виды наряду с солоноватоводными диатомовыми в массе появляются в периоды, которые мы соотносим с трансгрессивными этапами (рис. 1).

**Биостратиграфия донных отложений по результатам диатомового анализа.** Диатомовый анализ колонки донных отложений Tz-VII, включающий анализ экологии и галобности доминирующих видов диатомовых, позволил выделить экостратиграфические зоны для древне- и новоазовских отложений Таганрогского залива (рис. 1).

Как указывалось ранее, новоазовские отложения в колонке Tz-VII частично размыты, что характерно для Таганрогского залива, где их мощность невелика (от 20 до 45 см) [7; 29]. Древнеазовские отложения, напротив, представлены очень подробно. Сопоставление результатов диатомового анализа с данными радиоуглеродного датирования позволило детально разделить древнеазовские отложения, выделив несколько экостратиграфических подзон, которые не были выявлены ранее в кернах из открытой части Азовского моря. Так, впервые были подробно разделены зоны Aa2, Aa3, Aa4, соотнесенные нами с этапами ходжибейской регрессии и новочерноморской трансгрессии (рис. 1).

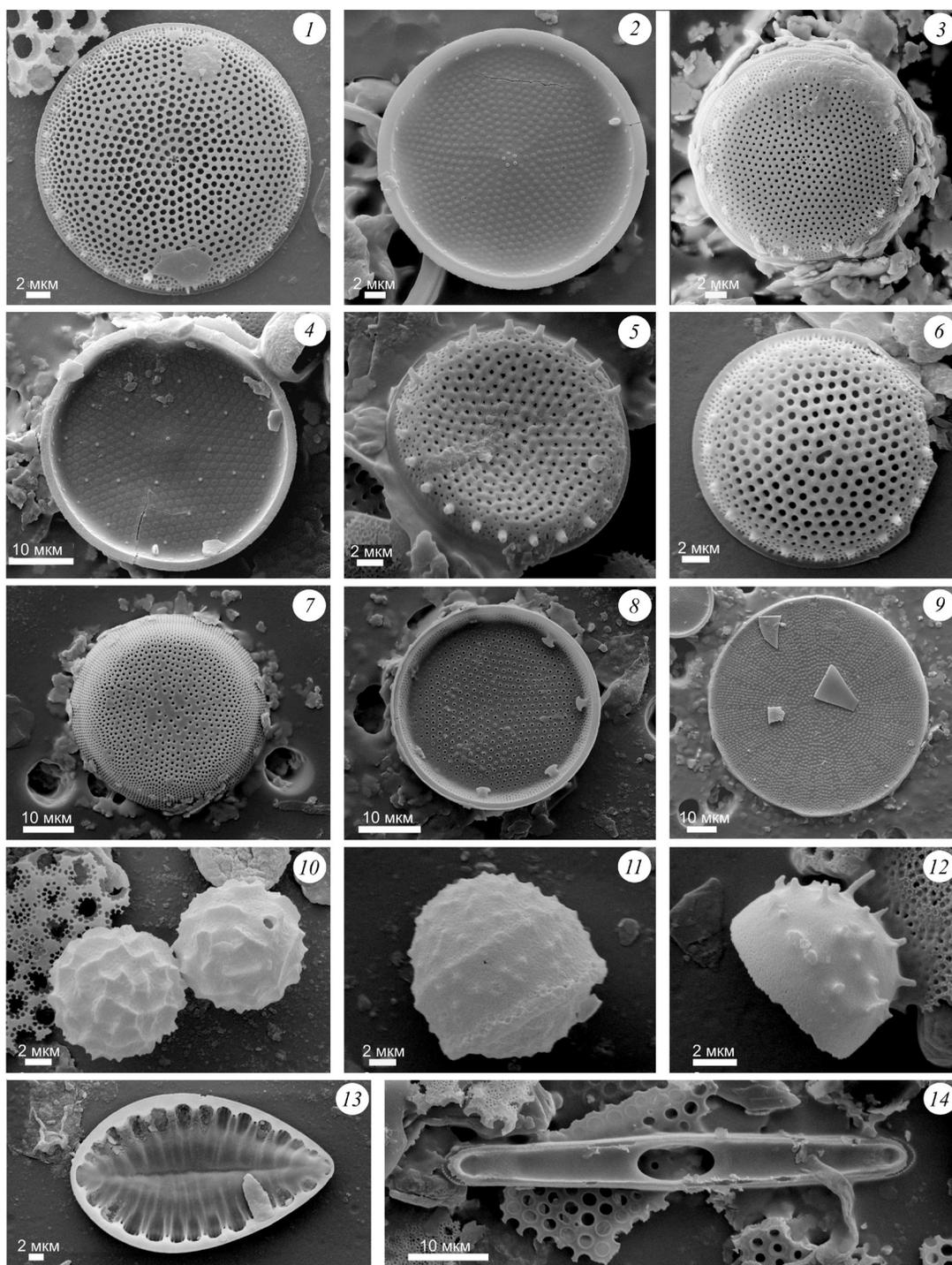
**Сравнение результатов диатомового анализа колонок из Таганрогского залива и открытой части Азовского моря.** Анализ последовательной смены комплексов доминирующих видов диатомовых водорослей позволяет выполнить сопоставление донных отложений Таганрогского залива и открытой части Азовского моря. Сравнив данные диатомового анализа, полученные по трем наиболее подробно изученным колонкам из разных районов моря, с результатами радиоуглеродного датирования, мы скорректировали экостратиграфические зоны и временные интервалы существования трансгрессивно-регрессивных фаз в Азовском море (рис. 3).

Время начала и завершения трансгрессивно-регрессивных фаз – чрезвычайно дискуссионный вопрос. Анализ литературных данных [9; 11] показал, что представления авторов о временных интервалах и самом наличии некоторых трансгрессивно-регрессивных фаз зависят как от объектов (моллюски, пыльца и пр.), так и от района исследований. К сожалению, до сих пор нет общепринятой схемы трансгрессивно-регрессивных циклов Азовского моря, и практически в каждой работе даются свои временные диапазоны и названия фаз. Зачастую исследователи, занимаясь изучением изменений уровня моря в черноморском бассейне, по умолчанию считают, что эти же временные интервалы соответствуют трансгрессивно-регрессивным циклам в Азовском море. Нам представляется важным учитывать региональные особенности и относительную изолированность Азовского моря от Черного и Каспийского морей.

Методом диатомового анализа нами было прослежено несколько стадий повышения и понижения уровня Азовского моря за последние 6 тыс. лет, сказавшихся на изменении видового состава микроводорослей (рис. 3).

Самая древняя (начало от  $6480 \pm 120$  до  $5670 \pm 110$  лет назад) из выявленных нами экостратиграфических зон древнеазовских отложений, Aa1 (рис. 3), соотносится нами с этапом **каламитской трансгрессии** и обнаружена только в колонке St-1 (из центральной части моря). Для нее характерно высокое видовое разнообразие диатомовых из рода *Thalassiosira* и строматоцист золотистых водорослей (Chrysophyta).

Следующая экостратиграфическая зона, Aa2 (начало  $5510 \pm 180$  лет назад), соотносится нами с этапом **ходжибейской регрессии**. Она отмечена и в центральной части моря (колонка St-1), но наиболее подробно представлена в колонке из Таганрогского залива (Tz-VII) (рис. 3). В мелководном Таганрогском заливе влияние регрессии было наиболее заметно (рис. 1) и отразилось в слоях Aa2a и Aa2c, где створки диатомовых практически отсутствовали. Регрессия не была непрерывной, поскольку в ее середине отмечена зона Aa2b, когда происходил кратковременный подъем уровня воды, что, скорее всего, было связано с затоком воды из Азовского моря (рис. 1). В слоях, выделенных в экостратиграфическую зону Aa2b, присутствуют планктонные солоноватоводно-морские диатомовые (из родов *Thalassiosira*, *Coscinodiscus*, *Actinocyclus*) и покоящиеся споры динофитовых водорослей (Dinophyta).



**Рис. 2.** Диатомовые и золотистые водоросли из колонки Tz-VII (СЭМ): 1–2 – *Thalassiosira incerta* Makarova (1 – слой 190–195 см; 2 – слой 20–26 см); 3 – *Thalassiosira baltica* (Grunow) Ostenf. (слой 5–10 см); 4 – *Thalassiosira eccentrica* (Ehrenb.) Cleve (слой 155–160 см); 5–6 – *Thalassiosira decipiens* (Grunow) E.G. Jørg (слой 155–160 см); 7 – *Actinocyclus octonarius* var. *sparsus* (Greg.) Hendeу (слой 190–195 см); 8 – *Actinocyclus octonarius* var. *tenellus* (Bréb.) Hendeу (слой 130–135 см); 9 – *Actinocyclus octonarius* var. *ralfsii* (W. Smith) Hendeу (слой 45–54 см); 10 – стоматоцисты Chrysoophyta (слой 130–135 см); 11–12 – покоящиеся споры *Chaetoceros* (11 – слой 115–120 см, 12 – слой 155–160 см); 13 – *Surirella minuta* Brébisson ex Kützing (= *Surirella ovata* Kützing) (слой 115–120 см); 14 – *Grammatophora marina* (Lyngbye) Kützing (слой 130–135 см).

**Fig. 2.** Diatoms and golden algae from Tz-VII core (SEM): 1–2 – *Thalassiosira incerta* Makarova (1 – 190–195 cm layer; 2 – 20–26 cm layer); 3 – *Thalassiosira baltica* (Grunow) Ostenf. (5–10 cm layer); 4 – *Thalassiosira eccentrica* (Ehrenb.) Cleve (155–160 cm layer); 5–6 – *Thalassiosira decipiens* (Grunow) E.G. Jørg (155–160 cm layer); 7 – *Actinocyclus octonarius* var. *sparsus* (Greg.) Hendeу (190–195 cm layer); 8 – *Actinocyclus octonarius* var. *tenellus* (Bréb.) Hendeу (130–135 cm layer); 9 – *Actinocyclus octonarius* var. *ralfsii* (W. Smith) Hendeу (45–54 cm layer); 10 – stomatocyst of Chrysoophyta (130–135 cm layer); 11–12 – resting spores of *Chaetoceros* (11 – 115–120 cm layer, 12 – 155–160 cm layer); 13 – *Surirella minuta* Brébisson ex Kützing (= *Surirella ovata* Kützing) (115–120 cm layer); 14 – *Grammatophora marina* (Lyngbye) Kützing (130–135 cm layer).

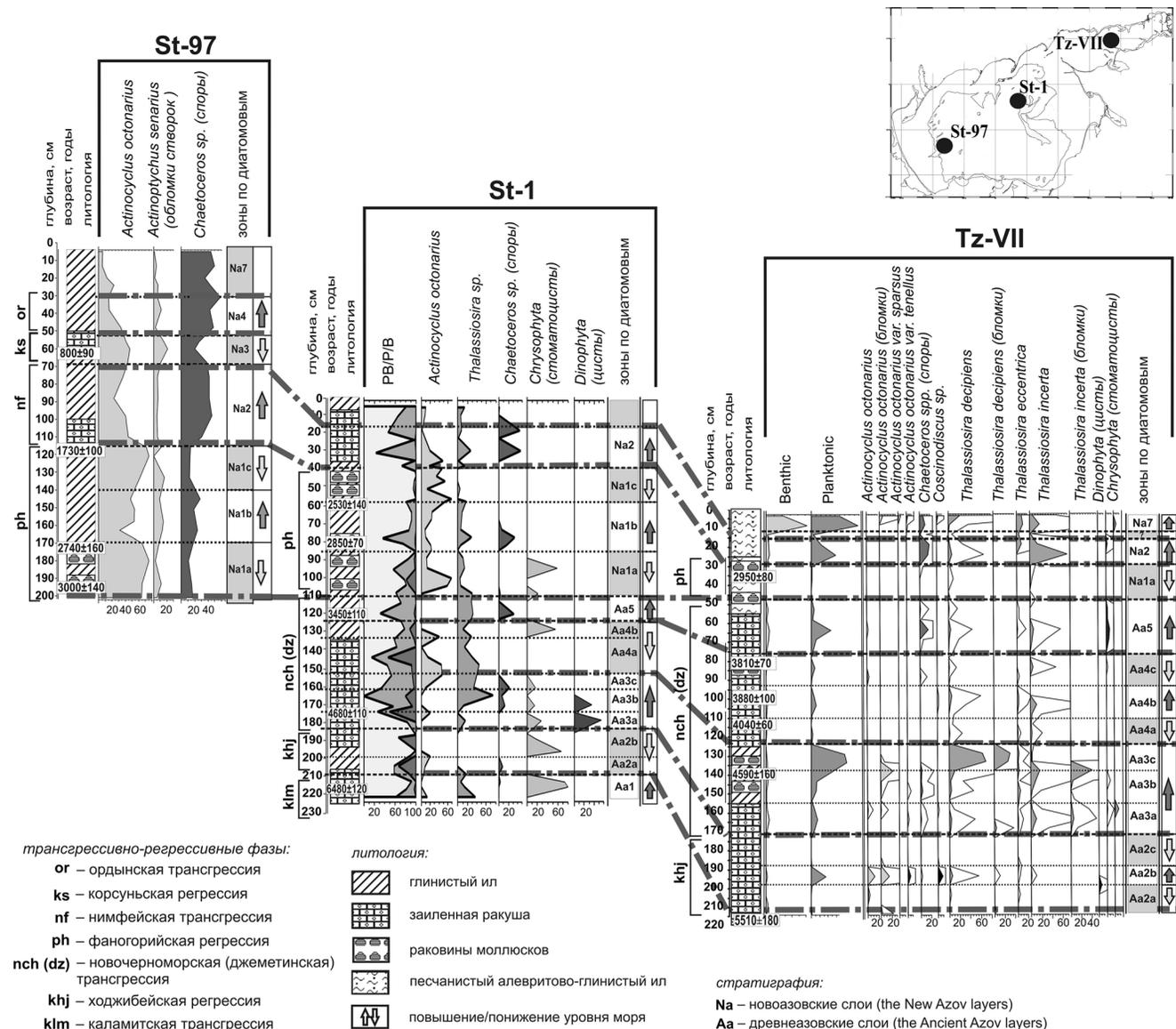


Рис. 3. Сопоставление результатов диатомового анализа колонок донных отложений из Таганрогского залива и Азовского моря.  
Fig. 3. Comparison of results of diatom analyses of core sediment from Taganrog Bay and the Sea of Azov.

Экостратиграфические зоны Аа3 (начало от  $4680 \pm 110$  до  $4592 \pm 160$  лет назад), Аа4 (начало от  $4300$  до  $4040 \pm 60$  лет назад), Аа5 (начало  $3450 \pm 110$  лет назад) относятся, по нашему мнению, к этапу **новочерноморской (джеметинской) трансгрессии**.

Как в открытой части моря (колодка St-1), так и в заливе (колодка Tz-VII) для зоны Аа3 характерно появление в комплексе доминирующих микроводорослей покоящихся спор Dinophyta (морская по происхождению группа), стоматоцист золотистых водорослей (Chrysophyta) и заметное увеличение численности и разнообразия диатомовых из рода *Thalassiosira* (рис. 3). В открытой части

моря было отмечено увеличение численности спор *Chaetoceros*, но в заливе роль этой группы диатомовых была не столь значительна. Как уже указывалось ранее, в акватории залива в зоне Аа3 были обнаружены створки морского вида *Grammatophora marina*.

Экостратиграфическая зона Аа4 начинается с этапа существенного понижения уровня моря (рис. 3, подзона Аа4а). В колонке из Таганрогского залива в слоях подзоны Аа4а практически отсутствуют створки диатомовых, но отмечено большое количество пылицы, что может свидетельствовать о субэаральных условиях в период формирования этих отложений. В центральной части моря для

подзоны Aa4a характерна высокая численность диатомовых из родов *Thalassiosira* и *Actinocyclus*. Судя по данным диатомового анализа колонки Tz-VII, в период примерно 3880 ± 100 лет назад был период кратковременного повышения уровня водоема (рис. 3, подзона Aa4б), который снова перешел в регрессивный этап.

Заметные изменения в составе комплекса микроводорослей произошли в экостратиграфической зоне Aa5 (начало 3450 ± 110 лет назад). Как в открытой части моря, так и в заливе отмечено увеличение численности спор морского рода *Chaetoceros* (рис. 3), что может указывать на усиление гидродинамической активности и повышение уровня водоема. В колонке Tz-VII (осевая часть залива) также были отмечены створки морского вида *Grammatophora marina*, что свидетельствует о притоке морских вод.

Следующая экостратиграфическая зона, Na1 (начало от 2950 ± 80 до 3000 ± 140 лет назад) относится к новоазовским отложениям и сопоставляется нами с **фанагорийской регрессией**. В открытой части моря (колонки St-97 и St-1) зона Na1 прослеживается гораздо более подробно (с выделением трех подзон), чем в заливе (Tz-VII) (рис. 3).

Закономерности формирования комплекса доминирующих видов диатомовых водорослей в открытой части моря были описаны ранее [8–11]. Для новоазовских отложений (включая этапы фанагорийской регрессии, нимфейской трансгрессии и пр.) характерно чередование слоев, в которых попеременно доминируют *Actinocyclus octonarius* и *Actinoptychus senarius* или споры рода *Chaetoceros*, соотносимые соответственно с понижением или повышением уровня моря. В осевой части Таганрогского залива (колонка Tz-VII) в период фанагорийской регрессии (зона Na1) существовали субаэральные условия, на что указывает практически полное отсутствие в слоях створок диатомовых водорослей.

Экостратиграфическая зона Na2 (начало от 1900 до 1700 ± 120 лет назад) соотносится нами с периодом **нимфейской трансгрессии**. Как в море, так и в заливе для этой зоны характерна высокая численность спор морского рода *Chaetoceros*. В Таганрогском заливе помимо спор *Chaetoceros* именно в этих отложениях отмечена высокая численность (более 60 % от общего числа створок) *Thalassiosira incerta*. Учитывая экологию *T. incerta*, можно предположить, что на повышение уровня в заливе в период нимфейской трансгрессии влиял

не только приток морских вод, но и существенный речной сток из Дона.

Диатомовый анализ донных отложений открытой части моря позволил выделить этапы **корсуньской регрессии** (зона Na3) в период около 800–600 лет назад и **ордынской трансгрессии** (зона Na4) около 600–400 лет назад [10; 11]. Зоны Na5 и Na6 выделены в отложениях последних 400 лет лишь в двух колонках [10] из Азовского моря.

Как уже отмечалось ранее, новоазовские отложения в Таганрогском заливе размыты, и после незначительного этапа (вероятно, Na3), следующего после зоны Na2, нами выделяется экостратиграфическая зона Na7 (рис. 1, 3), соответствующая современному этапу. Для современной флоры диатомовых водорослей Таганрогского залива [28] характерно высокое видовое разнообразие бентосных и планктонных форм, отмеченное в зоне Na7 (рис. 1).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Данная работа является продолжением исследований, направленных на изучение флоры диатомовых водорослей, обитавшей в бассейне древнего Азовского моря на протяжении последних 6,5 тыс. лет. В статье впервые представлены результаты диатомового анализа донных отложений ново- и древнеазовского времени из Таганрогского залива.

В результате анализа отложений, возраст которых определен от современности до 5,5 тыс. лет назад, выявлены 55 видов и 5 вариантов диатомовых водорослей из 29 родов (табл. 1). Было описано отличие состава доминирующих видов диатомовой флоры Таганрогского залива от флоры, существовавшей в ново- и древнеазовское время в акватории открытой части Азовского моря. Основное отличие состоит в том, что доминирующие в море представители рода *Actinocyclus* Ehr. в донных отложениях Таганрогского залива встречаются единично или редко. Помимо этого, впервые в ново- и древнеазовских отложениях залива отмечено массовое развитие *Thalassiosira incerta* и *T. decipiens*. В донных отложениях Таганрогского залива выявлены перерывы в осадконакоплении створок диатомовых водорослей, которые совпадают с периодами регрессий и, вероятней всего, свидетельствуют о субаэральных условиях осадконакопления (рис. 1).

Следует отметить, что новоазовские отложения в колонке Tz-VII частично размыты, что характерно

для Таганрогского залива, где мощность новоазовских отложений невелика (от 20 до 45 см) [7; 29]. Древнеазовские отложения, напротив, представлены очень подробно. Сопоставление результатов диатомового анализа с данными радиоуглеродного датирования позволило детально разделить древнеазовские отложения, выделив несколько биостратиграфических подзон, которые не были выявлены ранее в кернах из открытой части Азовского моря.

Проведенные ранее исследования [6; 8–10] позволили сравнить флору диатомовых водорослей, существовавшую на протяжении среднего и позднего голоцена в открытой части Азовского моря и в акватории Таганрогского залива. Анализ закономерностей качественного и количественного распределения доминирующих таксонов позволил выявить, что диатомовая флора новоазовских отложений в заливе и открытой части моря отличалась. Так, в открытой части моря для новоазовских отложений характерно чередование слоев, в которых попеременно доминируют *Actinocyclus octonarius*, *Actinoptychus senarius* или представители рода *Chaetoceros*. Для отложений новоазовского времени в Таганрогском заливе такая закономерность не выявлена. В открытой части Азовского моря только древнеазовские отложения характеризуются высоким видовым разнообразием представителей рода *Thalassiosira*. В керне из Таганрогского залива (Tz-VII) представители рода *Thalassiosira* являются доминирующими по численности как в древнеазовских, так и в новоазовских отложениях.

Наибольшей численности достигают 2 вида *Thalassiosira*: *T. incerta* и *T. decipiens*. Следует отметить, что разнообразие морфологических форм *T. incerta* может сравниться с высокой морфологической изменчивостью вариантов *Actinocyclus octonarius*, отмеченной в новоазовских отложениях из колонок, взятых в открытой части моря. Экология *Thalassiosira incerta*, обитающего в современных реках и водохранилищах, позволяет предположить, что в период массового развития этого вида в древне- и новоазовское время на месте современного Таганрогского залива была река или проточный водоем с высокой скоростью течения.

В целом можно отметить, что диатомовая флора средне- и верхнеголоценовых отложений Азовского моря и Таганрогского залива быстро реагировала на смену палеоэкологических условий (повышение или снижение уровня моря), на что указывает частота смены доминирующих таксонов. Полученные результаты показали, что временные интервалы изменений уровня воды в Азовском море не совпадают с трансгрессивно-регрессивными циклами в черноморском бассейне, имеют свои региональные особенности, связанные с относительной изолированностью от Черного и Каспийского морей.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда, проект № 16-17-10170 «Исследование динамики палеоэкологических изменений в Приазовье и Предкавказье в неоплейстоцен-голоцене на основе комплексных методов».

#### 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. Ковалева Г.В. 2006. История формирования флоры диатомовых водорослей Азовского моря в позднечетвертичное время. В кн.: *Позднекайнозойская геологическая история севера аридной зоны: Материалы международного симпозиума (Азов – Ростов-на-Дону, 26–29 сентября 2006 г.)*. Ростов н/Д, изд-во ЮНЦ РАН: 209–214.
4. Ковалева Г.В. 2007. Обнаружение слоев с *Actinocyclus octonarius* Ehr. и *Actinoptychus senarius* (Ehr.) Ehr. в позднечетвертичных осадках Темрюкского залива (Азовское море). В кн.: *Палеонтология, палеобиогеография и палеоэкология: Материалы ЛII сессии Палеонтологического общества РАН (Санкт-Петербург, 2–6 апреля 2007 г.)*. СПб., изд-во ВСЕГЕИ: 68–70.
5. 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
6. Ковалева Г.В., Золотарева А.Е. 2017. 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: 263–275.
7. Матишов Г.Г., Ковалева Г.В., Арсланов Х.А., Дюжова К.В., Польшин В.В., Золотарева А.Е. 2018. Результаты радиоуглеродного датирования голоценовых отложений Азовского моря. *Доклады Академии наук*. 479(6): 655–658. doi: 10.7868/S0869565218120113
8. Ковалева Г.В., Золотарева А.Е. 2013. Трансгрессивно-регрессивные этапы развития Азовского моря (по результатам диатомового анализа новоазовских отложений). В кн.: *VIII всероссийское совещание по изучению четвертичного периода: «Фундаментальные проблемы квартера, итоги изучения и основные направления дальнейших исследований»*. Сборник статей (Ростов-на-Дону, 10–15 июня 2013 г.). Ростов н/Д, изд-во ЮНЦ РАН: 280–283.

9. 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.
10. Ковалева Г.В., Дюжова К.В., Золотарева А.Е. 2017. Диатомовые водоросли из средне- и позднеголоценовых отложений Азовского моря как индикаторы колебаний уровня водоема. *Наука Юга России*. 13(4): 83–92. doi: 10.23885/2500-0640-2017-3-4-83-92
11. Kovaleva G.V., Dyuzhova K.V., Zolotareva A.E. 2017. Micropaleontological studies and biostratigraphy of the Ancient Azov and the New Azov deposits (the Sea of Azov). In: *Where East meets West: Pontocaspia, the historical dimension of the evolution of a unique biodiversity. Abstracts of the International youth school-conference (Rostov-on-Don / Kagal'nik, Astrakhan', Russia, August 21 – September 02, 2017)*. Rostov-on-Don, Southern Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences Publishers: 31–36.
12. Измайлов Я.А. 2005. *Эволюционная география побережий Азовского и Черного морей. Книга 1. Анапская пересыпь*. Сочи, Лазаревская полиграфия: 174 с.
13. *Диатомовые водоросли СССР (ископаемые и современные). Т. 1*. 1974. Л., Наука: 403 с.
14. Жузе А.П. 1953. К методике технической обработки горных пород в целях диатомового анализа. В кн.: *Диатомовый сборник*. Под ред. А.И. Прошкиной-Лавренко, В.С. Шешуковой. Л., изд-во ЛГУ: 206–220.
15. Прошкина-Лавренко А.И. 1963. *Диатомовые водоросли планктона Азовского моря*. М. – Л., изд-во АН СССР: 190 с.
16. 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.
17. Гусяков Н.Е., Закордонцев О.А., Герасимюк В.П. 1992. *Атлас диатомовых водорослей бентоса северо-западной части Черного моря и прилегающих водоемов*. Киев, Наукова думка: 112 с.
18. *Диатомовый анализ. Книга 2. Определитель ископаемых и современных диатомовых водорослей. Порядки Centrales и Mediales*. 1949. Л., Госгеолитиздат: 238 с.
19. *Диатомовый анализ. Книга 3. Определитель ископаемых и современных диатомовых водорослей. Порядок Pennales*. 1950. Л., Госгеолитиздат: 398 с.
20. 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.
21. Lange-Bertalot H. 2001. *Diatoms of Europe. Volume 2. Navicula sensu stricto, 10 genera separated from Navicula sensu lato Frustulia*. 2001. Ruggell, Liechtenstein, A.R.G. Gantner Verlag K.G.: 526 p.
22. Караева Н.И. 1972. *Диатомовые водоросли бентоса Каспийского моря*. Баку, Эльм: 258 с.
23. Guiry M.D., Guiry G.M. 2019. *AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway*. URL: <http://www.algaebase.org> (дата обращения: 21.01.2019).
24. Охапкин А.Г., Генкал С.И., Воденеева Е.Л., Шарагина Е.М., Бондарев О.О. 2016. К экологии и морфологии *Thalassiosira incerta* Makarova (Bacillariophyta). *Биология внутренних вод*. 2: 21–29. doi: 10.7868/S0320965216020133
25. Suto I. 2006. The explosive diversification of the diatom genus *Chaetoceros* across the Eocene/Oligocene and Oligocene/Miocene boundaries in the Norwegian Sea. *Marine Micropaleontology*. 58(4): 259–269. doi: 10.1016/j.marmicro.2005.11.004
26. Witak M., Dunder J., Leśniewska M. 2011. *Chaetoceros* resting spores as indicators of Holocene paleoenvironmental changes in the Gulf of Gdańsk, southern Baltic Sea. *Oceanological and Hydrobiological Studies*. 40(4): 21–29. doi: 10.2478/s13545-011-0037-0
27. Ковалева Г.В., Гогорев Р.М., Золотарева А.Е. 2017. Индикаторная значимость спор *Chaetoceros* для реконструкций трансгрессивно-регрессивных циклов Азовского моря в голоцене. В кн.: *Диатомовые водоросли: современное состояние и перспективы исследований: Материалы XV международной конференции (пос. Борок, Россия, 24–27 августа 2017 г.)*. Ярославль, Филигрань: 29–30.
28. Ковалева Г.В. 2008. Систематический список микроводорослей бентоса и планктона прибрежной части Азовского моря и прилегающих водоемов. В кн.: *Современные проблемы альгологии: Материалы международной научной конференции и VII Школы по морской биологии (Ростов-на-Дону, 9–13 июня 2008 г.)*. Ростов н/Д, изд-во ЮНЦ РАН: 174–192.
29. Шниюков Е.Ф., Орловский Г.Н., Усенко В.П., Григорьев А.В., Гордиевич В.А. 1974. *Геология Азовского моря*. Киев, Наукова думка: 246 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. Vol. 2.]*. 1984. Moscow, Nedra: 556 p. (In Russian).
3. Kovaleva G.V. 2006. [The history of diatom flora formation in the Azov Sea in the Upper Quaternary]. In: *Pozdnekaynozoyetskaya geologicheskaya istoriya severa aridnoy zony. Materialy mezhdunarodnogo simpoziuma. [Late Cenozoic Geology of the North of the Arid Zone: Proceedings of the International Symposium (Azov – Rostov-on-Don, 26–29 September 2006)]*. Rostov-on-Don, Southern Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences Publishers: 209–214. (In Russian).
4. Kovaleva G.V. 2007. [Detection of layers with *Actinocyclus octonarius* Ehr. and *Actinoptychus senarius* (Ehr.) Ehr. in the Late Quaternary sediments of the Gulf of Temryuk (Sea of Azov)]. In: *Paleontologiya, paleobiogeografiya i paleoekologiya: Materialy LII sessii Paleontologicheskogo obshchestva RAN. [Paleontology, Paleogeography and Paleobiogeography: Proceedings of the LII session of the Paleontological Society of RAS (St Petersburg, Russia, 2–6 April 2007)]*. St Petersburg, Russian Geological Research Institute: 68–70. (In Russian).
5. 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
6. Kovaleva G.V., Zolotareva A.E. 2016. [Biostratigraphic evidence of Azov Sea level changes in the Middle and Late Holocene]. In: *Ekologiya. Ekonomika. Informatika. Sistemnyy analiz i modelirovanie ekonomicheskikh i ekologicheskikh sistem. [Ecology. Economy. Computer science. 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: 263–275. (In Russian).
7. Matishov G.G., Kovaleva G.V., Arslanov Kh.A., Dyuzhova K.V., Polshin V.V., Zolotareva A.E. 2018. Results of Radiocarbon Dating of Holocene Deposits from the Sea of Azov. *Doklady Earth Sciences*. 479(2): 452–455. doi: 10.1134/S1028334X1804027X
  8. Kovaleva G.V., Zolotareva A.E. 2013. [Transgressive and regressive phases of the Sea of Azov (by diatom analysis of Novoazovian deposits)]. In: *VIII vserossiyskoye soveshchaniye po izucheniyu chetvertichnogo perioda: "Fundamental'nye problemy kvartera, itogi izucheniya i osnovnye napravleniya dal'neyshikh issledovaniy"*. Sbornik statey. [VIII All-Russian Conference on Quaternary Research: "Fundamental problems of Quaternary, results and main trends of future studies": Collection of papers (Rostov-on-Don, Russia, 10–15 June 2013)]. Rostov-on-Don, Southern Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences Publishers: 280–283. (In Russian).
  9. 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).
  10. Kovaleva G.V., Dyuzhova K.V., Zolotareva A.E. 2017. [Diatom algae from the Middle and Late Holocene sediments of the Azov Sea as the indicators of the sea level oscillation]. *Nauka Yuga Rossii*. 13(4): 83–92. (In Russian). doi: 10.23885/2500-0640-2017-3-4-83-92
  11. Kovaleva G.V., Dyuzhova K.V., Zolotareva A.E. 2017. Micropaleontological studies and biostratigraphy of the Ancient Azov and the New Azov deposits (the Sea of Azov). In: *Where East meets West: Pontocaspia, the historical dimension of the evolution of a unique biodiversity. Abstracts of the International youth school-conference (Rostov-on-Don / Kagal'nik, Astrakhan', Russia, August 21 – September 02, 2017)*. Rostov-on-Don, Southern Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences Publishers: 31–36.
  12. Izmailov Ya.A. 2005. *Evolutsionnaya geografiya poberezhnyy Azovskogo i Chernogo morey. 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 poligrafya: 174 p. (In Russian).
  13. *Diatomovyye vodorosli SSSR (iskopaemye i sovremennyye). T. I. [Diatom algae of the USSR (fossil and recent). Vol. 1]*. 1974. Leningrad, Nauka: 403 p. (In Russian).
  14. 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: 206–220. (In Russian).
  15. Proshkina-Lavrenko A.I. 1963. *Diatomovyye vodorosli planktona Azovskogo morya. [Diatoms of the Plankton of the Sea of Azov]*. Moscow, Leningrad, Academy of Sciences of the USSR: 190 p. (In Russian).
  16. 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.
  17. Guslyakov N.E., Zakordonets O.A., Gerasimiyuk 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).
  18. *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).
  19. *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).
  20. 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.
  21. Lange-Bertalot H. 2001. *Diatoms of Europe. Volume 2. Navicula sensu stricto, 10 genera separated from Navicula sensu lato Frustulia*. 2001. Ruggell, Liechtenstein, A.R.G. Gantner Verlag K.G.: 526 p.
  22. Karaeva N.I. 1972. *Diatomovyye vodorosli bentosa Kaspiyskogo morya. [Benthic diatoms of the Caspian Sea]*. Baku, Elm: 258 p. (In Russian).
  23. Guiry M.D., Guiry G.M. 2019. *AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway*. Available at: <http://www.algaebase.org> (accessed 21 January 2019).
  24. Okhapkin A.G., Genkal S.I., Vodeneeva E.L., Sharagina E.M., Bondarev O.O. 2016. To Ecology and Morphology of *Thalassiosira incerta* Makarova (Bacillariophyta). *Inland Water Biology*. 9(2): 126–134. doi: 10.1134/S1995082916020139
  25. Suto I. 2006. The explosive diversification of the diatom genus *Chaetoceros* across the Eocene/Oligocene and Oligocene/Miocene boundaries in the Norwegian Sea. *Marine Micropaleontology*. 58(4): 259–269. doi: 10.1016/j.marmicro.2005.11.004
  26. Witak M., Dunder J., Leńniewska M. 2011. *Chaetoceros* resting spores as indicators of Holocene paleoenvironmental changes in the Gulf of Gdańsk, southern Baltic Sea. *Oceanological and Hydrobiological Studies*. 40(4): 21–29. doi: 10.2478/s13545-011-0037-0
  27. Kovaleva G.V., Gogorev R.M., Zolotareva A.E. 2017. [Indicator significance of *Chaetoceros* spores for reconstructions of transgressive-regressive cycles of the Sea of Azov in the Holocene]. In: *Diatomovyye vodorosli: sovremennoye sostoyaniye i perspektivy issledovaniy: Materialy XV mezhdunarodnoy konferentsii. [Diatoms: the current state and perspective of research: Proceedings of the XV International Conference (Borok, Yaroslavl Region, Russia, 24–27 August 2017)]*. Yaroslavl, Filigran': 29–30. (In Russian).
  28. Kovaleva G.V. 2008. [Systematic list of the benthic microalgae and plankton of the coastal part of the Azov Sea and adjacent waters]. In: *Sovremennyye problemy al'gologii: Materialy mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii i VII Shkoly po morskoy biologii. [Modern Problems algology: Proceedings of the International Conference and VII School on marine biology (Rostov-on-Don, Russia, 9–13 June 2008)]*. Rostov-on-Don, Southern Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences Publishers: 174–192. (In Russian).
  29. Shnyukov E.F., Orlovskiy G.N., Usenko V.P., Grigoriev V.P., Gordievich V.A. 1974. *Geologiya Azovskogo morya. [Geology of the Sea of Azov]*. Kiev, Naukova dumka: 246 p. (In Russian).

Поступила 01.02.2019