

УДК 574.472:574.586:556.53(582.26)
DOI: 10.7868/S25000640220309

ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ДИАТОМОВЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ РЕКИ ТЕМЕРНИК

© 2022 г. Г.В. Ковалева¹, А.В. Усанова², Е.Г. Алешина¹, А.В. Назаренко¹

Аннотация. Впервые приводятся сведения о видовом разнообразии эпифитных диатомовых водорослей р. Темерник (на территории парка им. Октября, г. Ростов-на-Дону). В результате изучения трех проб (октябрь 2021 и апрель – май 2022 г.) было идентифицировано 50 видов диатомовых водорослей из 28 родов. Сезонная динамика видового разнообразия эпифитного сообщества р. Темерник была неоднородной: в октябре идентифицировано 46 видов из 25 родов, в апреле – всего 7 видов из 5 родов, в начале мая – 23 вида из 13 родов. Отмечены сезонные отличия на уровне родов. Осенью в перифитонном сообществе преобладали представители родов *Nitzschia*, *Rhoicosphenia*, *Bacillaria*, *Navicula*, весной доминировали *Gomphonema* spp., *Synedra*, *Tabularia*, *Navicula* spp. В обрастаниях также отмечено несколько планктонных видов: *Chaetoceros muelleri*, *Entomoneis paludosa*, *Cyclotella atomus*, *Cyclotella meneghiniana*, *Cyclostephanos dubius*. Помимо типичных для рек пресноводных видов выявлены пресноводно-соленатоводные, соленатоводные и соленатоводно-морские виды: *Navicula salinarum*, *Pleurosigma elongatum*, *Pleurosira laevis*, *Surirella ovalis*, *Tabularia tabulata*, *Tryblionella littoralis* var. *tergestina*, *T. apiculate*, *T. hungarica*. Как показал гидрохимический анализ, значения общей минерализации воды в исследованных точках р. Темерник (в среднем 2,4 г/л) приближается к солености вод восточной части Таганрогского залива (в среднем 2,75 ‰). Такие условия создают предпосылки для инвазии в пресноводный биотоп соленатоводных видов, не типичных для рек. Обсуждается вероятность таких инвазий на примере вида *Pleurosira laevis*, обнаруженного в р. Темерник в октябре 2021 г. Пока нет однозначного ответа на вопрос о путях проникновения *P. laevis*, но в случае с р. Темерник, которая не является судоходной (даже для маломерных судов и лодок), а также не подвергалась зарыблению, наиболее вероятным путем инвазии предложен вариант воздушного переноса с птицами. В парке им. Октября круглогодично обитает большое количество птиц, часть из которых (чайки, бакланы и пр.) могут переносить на своем оперении микрочастицы (к которым относятся и диатомовые водоросли) из дельты Дона и из Таганрогского залива, что требует пристального внимания исследователей.

Ключевые слова: диатомовые, видовое разнообразие, Темерник, *Pleurosira laevis*, инвазии, вселенцы, перенос микрочастиц.

BIODIVERSITY OF DIATOMS IN THE TEMERNIK RIVER

G.V. Kovaleva¹, A.V. Usanova², E.G. Aleshina¹, A.V. Nazarenko¹

Abstract. For the first time, the article provides information about the species diversity of epiphytic diatoms of the Temernik River (on the territory of the October Park, Rostov-on-Don). As a result of the study of three samples (October 2021 and April-May 2022), 50 species of diatoms from 28 genera were identified. The seasonal dynamics of the species diversity of the epiphytic community was heterogeneous: 46 species (from 25 genera) were identified in October, only 7 species from 5 genera in April, and 23 species from 13 genera in May. Significant seasonal differences in genera composition are noted. In autumn, the periphyton community was dominated by species from the genera *Nitzschia*, *Rhoicosphenia*, *Bacillaria*, *Navicula*. In spring, the

¹ 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

² Южный федеральный университет (Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russian Federation), Российская Федерация, 344006, г. Ростов-на-Дону, ул. Большая Садовая, 105/42

genera *Gomphonema*, *Synedra*, *Tabularia*, *Navicula* dominated the community. Several planktonic species were also observed in the fouling: *Chaetoceros muelleri*, *Entomoneis paludosa*, *Cyclotella atomus*, *Cyclotella meneghiniana*, *Cyclostephanos dubius*. In addition to freshwater species typical of rivers, freshwater-brackish, brackish and brackish-marine species were identified: *Navicula salinarum*, *Pleurosigma elongatum*, *Pleurosira laevis*, *Surirella ovalis*, *Tabularia tabulata*, *Tryblionella littoralis* var. *tergestina*, *T. apiculate*, *T. hungarica*. Hydrochemical analysis showed that the values of total water mineralization in the studied areas of the Temernik River (on average 2.4 g/l) approach the salinity of the waters of the eastern part of the Taganrog Bay (on average 2.75 ‰). Such habitat conditions create dangerous prerequisites for invasion into the freshwater biotope of brackish-water species that are not characteristic of rivers. The article discusses the probability of such invasions using the example of the *Pleurosira laevis* species (discovered in the Temernik River in October 2021). There is no definite answer about the penetration of *P. laevis* yet. Considering that the Temernik River is not navigable (even for small vessels and boats) and has not been stocked by fish, the most likely route of invasion is the option of air transport with birds. A large number of birds live in the October Park all year round. Some of these birds (for example gulls, cormorants, etc.) can carry microparticles (including diatoms) from the Don Delta and the Taganrog Bay on their plumage. This fact requires the close attention of researchers.

Keywords: diatoms, species diversity, Temernik, *Pleurosira laevis*, invasions, invaders, transfer of microparticles.

ВВЕДЕНИЕ

Темерник – степная река, протекающая в Ростовской области и являющаяся правым притоком р. Дон. Длина реки – 35,5 км, из них 18 км по территории г. Ростова-на-Дону. Средний уклон русла реки 2,3 ‰, ширина русла в среднем достигает 10 м, глубина – 0,3... 0,8 м, с площадью водосбора 293 км² [1].

Существенный вклад в сток оказывают ливневые стоки с прилегающих городских территорий, а также несанкционированные хозяйственно-бытовые и канализационные стоки. В рамках проекта реабилитации реки и создания общегородского экологического парка сейчас ведется работа по устранению источников загрязнения реки, расчистке русла и прибрежной территории, идет строительство очистных сооружений ливневых сточных вод [2]. К сожалению, судоходная ранее река в настоящее время не только обмелела, но и приобрела статус «неблагополучной» по микробиологическим, санитарно-химическим и другим показателям воды [2; 3 и др.].

Занимаясь вопросами палеореконструкций экосистемы Азовского моря в позднем голоцене, исследователи часто сталкиваются с проблемой интерпретации данных об экологическом статусе видов (местообитание, отношение к солености и пр.). Это особенно актуально с учетом того, что в геологической истории Азовского моря известны этапы, когда на значительных территориях, занимаемых ныне морем, существовали речные и озерно-лиманские экосистемы [4]. Опираясь на принцип

актуализма (события и явления, имевшие место в прошлом, происходили по тем же законам и принципам, по которым происходят в современный период), исследователи вынуждены обращаться к данным о современной биоте пресноводных водоемов, относящихся к бассейну Азовского моря.

Флора микроводорослей Азовского моря изучена достаточно подробно (обзор литературы приведен в работе [5]). Несомненно меньше работ по альгофлоре пресноводных водоемов (лиманы, реки и водохранилища), относящихся к бассейну Азовского моря. Немногочисленные публикации по микроводорослям Нижнего Дона, его притоков и водохранилищ Манычского каскада часто имеют гидробиологическую направленность [6–11 и др.], но иногда там есть отдельные сведения о видовом составе доминирующих видов, среди которых отмечают диатомовые водоросли.

К сожалению, сведений об альгофлоре р. Темерник в литературе нет, поэтому данная работа содержит первую краткую информацию о видовом составе диатомовых водорослей этого водоема. Ставя перед собой цель восполнить этот пробел, авторы начали изучение эпифитных диатомовых водорослей, поскольку виды, длительное время обитающие на прикрепленном субстрате, более перспективны для проведения мониторинговых исследований. Уже первые результаты показали, что в состав диатомового сообщества р. Темерник входят не только типично пресноводные, но и солоноватоводные виды, происхождение которых еще предстоит выяснить. В связи с этим данное пилотное исследование будет продолжено в ближайшем будущем.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Отбор проб диатомовых водорослей из р. Темерник был осуществлен на территории парка им. Октября (47°15'32" с.ш., 39°40'57" в.д.) в три этапа: 23.10.2021 г., 27.04 и 2.05.2022 г. Парк им. Октября (рис. 1: 1) расположен в северо-западной части г. Ростова-на-Дону, среди городской застройки. Температура воды р. Темерник в октябре 2021 г. составляла 12,5 °С, а в конце апреля – начале мая 2022 г. 13,5–14 °С. Температура воздуха – осенью 16 °С, весной 20 °С.

Первоначально планировалось только изучение флоры диатомовых водорослей, но, получив первые данные о присутствии в образцах солоноватоводных видов, мы провели дополнительно отбор проб для анализа минерализации воды в р. Темерник. Для сравнения пробы воды отобрали не только в парке им. Октября (рис. 1: 1), но и на других участках р. Темерник (рис. 1: 2–4). Определение общей минерализации и ионного состава воды (табл. 1) осуществлено для проб, отобранных в период с 30.04 по 15.05.2022 г. Минерализацию воды определяли по сумме ионов, содержание магния и суммарное содержание натрия и калия находили расчетным методом. Анализ выполняли в соответствии с общепринятыми методиками (ПНД Ф. 14.1:2.96-97, ПНД Ф 14.1:2.108-97, ПНД Ф 14.1:2.98-97, ПНД Ф 14.1:2.95-97, ПНД Ф 14.1:2.99-97).

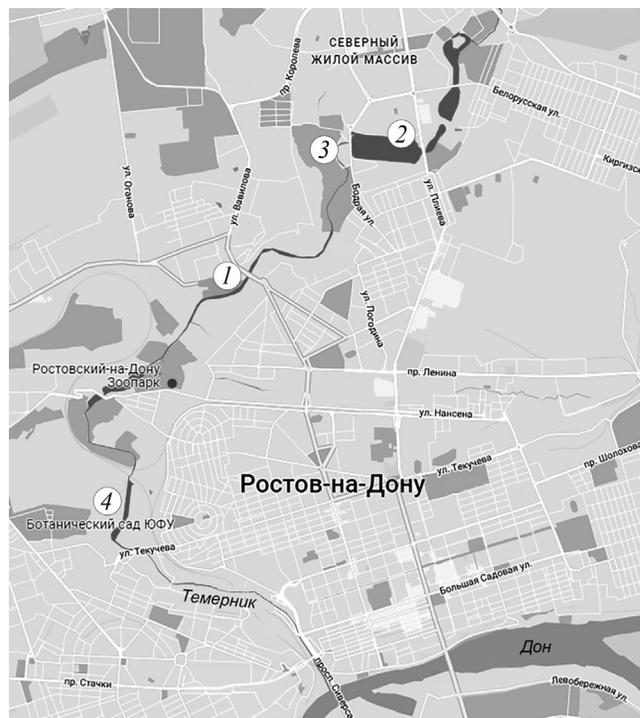


Рис. 1. Карта мест отбора гидробиологических и гидрохимических проб на разных участках р. Темерник: 1 – парк им. Октября, 2 – Северное водохранилище, 3 – ниже стока из Северного водохранилища, 4 – Ботанический сад Южного федерального университета.

Fig. 1. Map of hydrobiological and hydrochemical sampling sites on different sections of the Temernik River: 1 – the October Park, 2 – the Northern Reservoir, 3 – below the drain from the Northern Reservoir, 4 – Botanical Garden of the Southern Federal University.

Таблица 1. Общая минерализация и ионный состав проб воды, отобранных в р. Темерник в пределах г. Ростова-на-Дону с 30.04 по 15.05.2022 г.

Table 1. Total mineralization and ionic composition of water samples collected in the Temernik River (within the city of Rostov-on-Don) from April 30 to May 15, 2022

Химические элементы Chemical elements	Станции отбора проб на р. Темерник Sampling stations on the Temernik River			
	1	2	3	4
Cl ⁻ (мг/л / mg/l)	226,88	205,61	205,61	233,97
HCO ₃ ⁻ (мг/л / mg/l)	373,44	319,74	314,86	400,29
SO ₄ ²⁻ (мг/л / mg/l)	912,57	1248,78	1200,75	1104,69
Жесткость, мг-экв/л / Hardness, mg-eq/l	19,20	19,40	19,60	19,60
Ca ²⁺ (мг/л / mg/l)	216,43	232,46	208,42	224,45
Mg ²⁺ (мг/л / mg/l)	102,14	94,85	111,87	102,14
Na ⁺ K ⁺ (мг/л / mg/l)	308	441	409	414
Общая минерализация, г/л / General mineralization, g/l	2,14	2,54	2,45	2,48

Примечание. 1 – парк им. Октября; 2 – Северное водохранилище; 3 – ниже стока из Северного водохранилища; 4 – Ботанический сад Южного федерального университета (см. рис. 1).

Note. 1 – the October Park; 2 – the Northern Reservoir; 3 – below the drain from the Northern Reservoir; 4 – Botanical Garden of the Southern Federal University (see Fig. 1).

Для анализа видового состава диатомовых водорослей в прибрежной части р. Темерник (в районе парка им. Октября) были отобраны образцы стеблей тростника (имевшие признаки длительного пребывания в воде), с которых были смыты эпифитные микроводоросли. Первичный просмотр живого материала осуществляли в день сбора, отмечая наличие видов с тонким панцирем (например, таких, как планктонные виды *Chaetoceros* spp.). Дальнейшую обработку проб проводили в лабораторных условиях традиционными для диатомового анализа методами [12]. Пробы кипятили с добавлением перекиси водорода для удаления органического содержимого створок. Для видовой идентификации диатомовых водорослей в световом микроскопе изготавливали постоянные препараты с использованием смолы Naphrax. В ходе пробоподготовки диатомовых для изучения в сканирующем электронном микроскопе (СЭМ) использовали модифицированную методику [12]. 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)».

Для подсчета относительной численности видов в пробе (процентное соотношение створок одного вида к общей численности) в препарате просматри-

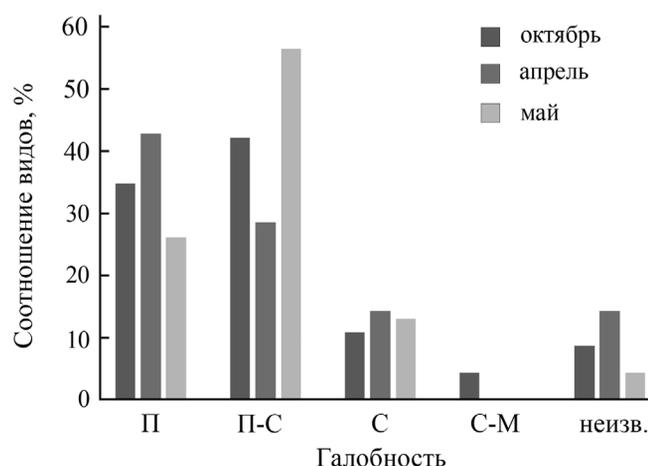


Рис. 2. Процентное соотношение видов в разных группах галобности: П – пресноводные, П-С – пресноводно-солонатоводные, С – солонатоводные, С-М – солонатоводно-морские виды.

Fig. 2. Percentage of species in different halobity groups: П – freshwater, П-С – freshwater-brackish, С – brackish, С-М – brackish-marine species.

вали 20 полей зрения, чтобы общая сумма учтенных створок была не менее 200. Среднее число в 20 полях зрения составляло 400–500 створок. Определение таксономической принадлежности микроводорослей проводилось по монографическим сводкам, отдельным работам и определителям. Экологическую приуроченность видов уточняли по нескольким монографическим сводкам [13; 14 и др.].

РЕЗУЛЬТАТЫ

В результате изучения трех проб из р. Темерник, отобранных в парке им. Октября в октябре 2021 г., апреле и мае 2022 г., было идентифицировано 50 видов (включая разновидности) диатомовых водорослей из 28 родов (табл. 2). Наибольшее видовое разнообразие характерно для родов *Navicula* (8 видов), *Nitzschia* (5), *Tryblionella* (4), остальные были представлены 1–3 видами (табл. 2).

Полученные нами предварительные данные о видовом разнообразии эпифитного сообщества свидетельствуют о его значительных колебаниях в разные сезоны: так, в октябре было идентифицировано 46 видов из 25 родов, в апреле – всего 7 видов из 5 родов, в начале мая 2022 г. – 23 вида из 13 родов. Сезонные отличия в видовом составе диатомовых были заметны на уровне родов: осенью в эпифитном сообществе преобладали *Nitzschia*, *Rhoicosphenia*, *Bacillaria*, *Navicula*, а весной доминировали *Gomphonema*, *Synedra*, *Tabularia*, *Navicula*. Отмечено и присутствие в обрастаниях планктонных видов: *Chaetoceros muelleri*, *Entomoneis paludosa*, *Cyclotella atomus*, *Cyclotella meneghiniana*, *Cyclostephanos dubius*.

Обращает на себя внимание заметный процент пресноводно-солонатоводных, солонатоводных и солонатоводно-морских видов (рис. 2), таких как *Navicula salinarum*, *Pleurosigma elongatum*, *Pleurosira laevis*, *Surirella ovalis*, *Tabularia tabulata*, *Tryblionella littoralis* var. *tergestina*, *T. apiculate*, *T. hungarica*, в пресноводном биотопе. Процент пресноводно-солонатоводных видов чаще всего превышал долю пресноводных, а кроме этого, в сообществе эпифитных диатомовых постоянно присутствовало около 10 % солонатоводных видов (рис. 2).

Анализ относительной численности в пробе, отобранной в октябре 2021 г., показал, что наиболее массовым по числу створок в препарате был вид *Nitzschia inconspicua* (78,3 %) (рис. 3a). На долю второго по относительной численности вида,

Таблица 2. Видовой состав диатомовых водорослей в прибрежной части р. Темерник (в районе парка им. Октября)
Table 2. Species composition of diatoms in the coastal part of the Temernik River (in the area of the October Park)

Название таксона Taxon name	Месяц Month			Экология Ecology	
	X	IV	V	М	‰
<i>Achnanthes brevipes</i> var. <i>intermedia</i> (Kützing) Cleve	+			Б	П-С
<i>Amphora</i> sp.	+			Б	–
<i>A. ovalis</i> (Kützing) Kützing	+		+	Б	П-С
<i>A. pediculus</i> (Kützing) Grunow	+			Б	Пр
<i>Bacillaria paxillifera</i> (O.F. Müller) T. Marsson	+		+	ПБ	П-С
<i>Caloneis amphisbaena</i> (Bory) Cleve	+		+	ПБ	П-С
<i>Chaetoceros muelleri</i> Lemmermann			+	П	П-С
<i>Cocconeis pediculus</i> Ehrenberg	+			Б	П-С
<i>C. placentula</i> var. <i>euglypta</i> (Ehrenberg) Cleve	+		+	Б	П-С
<i>Cyclostephanos dubius</i> (Hustedt) Round	+			П	Пр
<i>Cyclotella atomus</i> Hustedt	+		+	П	П-С
<i>C. meneghiniana</i> Kützing	+		+	П	П-С
<i>Cymatopleura solea</i> (Brébisson) W. Smith	+		+	Б	Пр
<i>Diatoma ehrenbergii</i> Kützing	+		+	Б	Пр
<i>Encyonema ventricosum</i> (C. Agardh) Grunow		+		Б	Пр
<i>Entomoneis paludosa</i> (W. Smith) Reimer			+	ПБ	П-С
<i>Fallacia pygmaea</i> (Kützing) Pantocsek	+		+	Б	П-С
<i>Fragilaria</i> sp.	+			Б	–
<i>Gomphonella olivacea</i> (Hornemann) Rabenhorst		+		Б	П-С
<i>Gomphonema micropus</i> Kützing	+			Б	Пр
<i>G. parvulum</i> (Kützing) Kützing	+		+	Б	Пр
<i>Gyrosigma acuminatum</i> (Kützing) Rabenhorst	+		+	Б	Пр
<i>Luticola mutica</i> (Kützing) D.G. Mann	+			Б	П-С
<i>Melosira varians</i> C. Agardh	+			ПБ	Пр
<i>Navicula</i> sp.	+	+	+	Б	–
<i>N. cf. cari</i> Ehrenberg	+			ПБ	Пр
<i>N. cincta</i> Pantocsek	+			Б	П-С
<i>N. cryptocephala</i> Kützing	+			Б	П-С
<i>N. heufferi</i> Grunow	+			Б	П-С
<i>N. lanceolata</i> Ehrenberg	+		+	Б	Пр
<i>N. rhynchocephala</i> Kützing	+			Б	П-С
<i>N. salinarum</i> Grunow	+		+	Б	С
<i>N. veneta</i> Kützing	+			Б	П-С
<i>Nitzschia</i> sp.	+			Б	–
<i>N. amphibia</i> Grunow	+	+		Б	Пр
<i>N. inconspicua</i> Grunow	+			Б	П-С
<i>N. thermalis</i> var. <i>minor</i> Hilse	+			Б	Пр
<i>N. sigma</i> (Kützing) W. Smith	+		+	Б	Пр
<i>Planothidium ellipticum</i> (Cleve) M.B. Edlund	+			Б	Пр
<i>Pleurosigma elongatum</i> W. Smith	+			Б	С-М
<i>Pleurosira laevis</i> (Ehrenberg) Compère	+			ПБ	П-С
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i> (C. Agardh) Lange-Bertalot	+		+	Б	П-С

Окончание табл. 1

Название таксона Taxon name	Месяц Month			Экология Ecology	
	X	IV	V	М	‰
<i>Surirella minuta</i> Brébisson ex Kützing	+	+	+	ПБ	П-С
<i>S. ovalis</i> Brébisson	+			Б	С
<i>Tabularia tabulata</i> (C. Agardh) Snoeijs	+	+	+	Б	С
<i>Tryblionella apiculata</i> W. Gregory	+			Б	С
<i>T. hantzschiana</i> Grunow	+		+	Б	П-С
<i>T. hungarica</i> (Grunow) Frenguelli	+		+	Б	С
<i>T. littoralis</i> var. <i>tergestina</i> (Grunow) Snoeijs	+			Б	С-М
<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) Compère	+	+	+	Б	Пр

Примечание. X – октябрь 2021 г.; IV – апрель 2022 г.; V – май 2022 г.; М – местообитание; ‰ – отношение к солености; П – планктонный; ПБ – планктонно-бентосный; Б – бентосный; Пр – пресноводный; П-С – пресноводно-солонатоводный; С – солонатоводный; С-М – солонатоводно-морской вид.

Note. X – October 2021; IV – April 2022; V – May 2022; М – habitat; ‰ – relation to salinity; П – planktonic; ПБ – plankto-benthic; Б – benthic; Пр – freshwater; П-С – freshwater-brackish; С – brackish; С-М – brackish-marine species.

Rhoicosphenia abbreviata, приходилось всего 4,2 % от общего числа створок в препарате. Виды, чья относительная численность превышала 1 %, немногочисленны: *Cocconeis placentula* var. *euglypta* (2,0 %), *Nitzschia amphibia* (1,8%), *Bacillaria paxillifera* (1,5%) (рис. 3в, з), *Gomphonema micropus* (1,3%), *Navicula cincta* (1,3 %).

Подсчет относительной численности створок в пробе, отобранной в конце апреля 2022 г., показал, что 90,3 % створок составляли всего два эпифитных вида: *Gomphonella olivacea* (55,5 %) и *Ulnaria ulna* (34,9 %). На долю оставшихся 5 видов (*Tabularia tabulata*, *Surirella minuta* (рис. 3х), *Navicula* sp., *Encyonema ventricosum*, *Nitzschia amphibia*) приходилось всего 9,3 % от общего числа створок.

Анализ относительной численности диатомовых в пробе, отобранной в начале мая 2022 г., показал, что в сообществе микроводорослей можно выделить несколько групп, к которым относятся от 4 до 7 видов. К первой можно отнести наиболее массовые виды с относительной численностью от 10 до 20% (*Gomphonema parvulum* (рис. 3н), *Navicula* sp., *Tabularia tabulate*, *Navicula lanceolata*). Ко второй – виды с относительной численностью от 3 до 6% (*Cyclotella meneghiniana* (рис. 3з), *Cumatopleura solea* (рис. 3к), *Navicula salinarum*, *Bacillaria paxillifera* (рис. 3в, з), *Tryblionella hungarica*, *Ulnaria ulna*), к третьей – виды с относительной численностью 1–3% (*Surirella minuta* (рис. 3х), *Cyclotella atomus* (рис. 3ж), *Caloneis amphibaena* (рис. 3д), *Amphora ovalis* (рис. 3а), *Cocconeis placentula* var. *euglypta*, *Nitzschia sigma*,

Tryblionella hantzschiana. К последней, самой малочисленной, группе относятся редко встречающиеся виды (0,7–1 %): *Chaetoceros muelleri*, *Diatoma ehrenbergii*, *Entomoneis paludosa* (рис. 3л, м), *Fallacia pygmaea* (рис. 3н, о), *Rhoicosphenia abbreviate*.

ОБСУЖДЕНИЕ

Учитывая, что данное исследование пилотное, авторы не претендуют на то, что видовой состав диатомовых водорослей р. Темерник изучен в достаточном объеме. Вероятно, что последующие исследования существенно дополнят таксономический список диатомовых р. Темерник. И тем не менее даже первичные данные указывают на присутствии в сообществе микроводорослей значительного процента пресноводно-солонатоводных, солонатоводных и солонатоводно-морских видов (рис. 2). Этот факт заслуживает подробного изучения, поскольку более ожидаемо было бы обнаружить доминирование в речном биотопе пресноводных видов, но к ним относятся от 26 до 42,9 %.

Проведя анализ минерализации и ионного состава воды из р. Темерник (табл. 1), выяснили, что общая минерализация воды сходна во всех местах отбора проб и составляла в среднем около 2,4 г/л (только в районе парка им. Октября она была ниже – 2,14 г/л). Это свидетельствует о том, что исследуемые воды относятся к солонатоводным, чья общая минерализация составляет 1–10 г/л (ГОСТ 27065-86. Качество вод). В соответствии с классификацией О.А. Алекина [15] данный тип

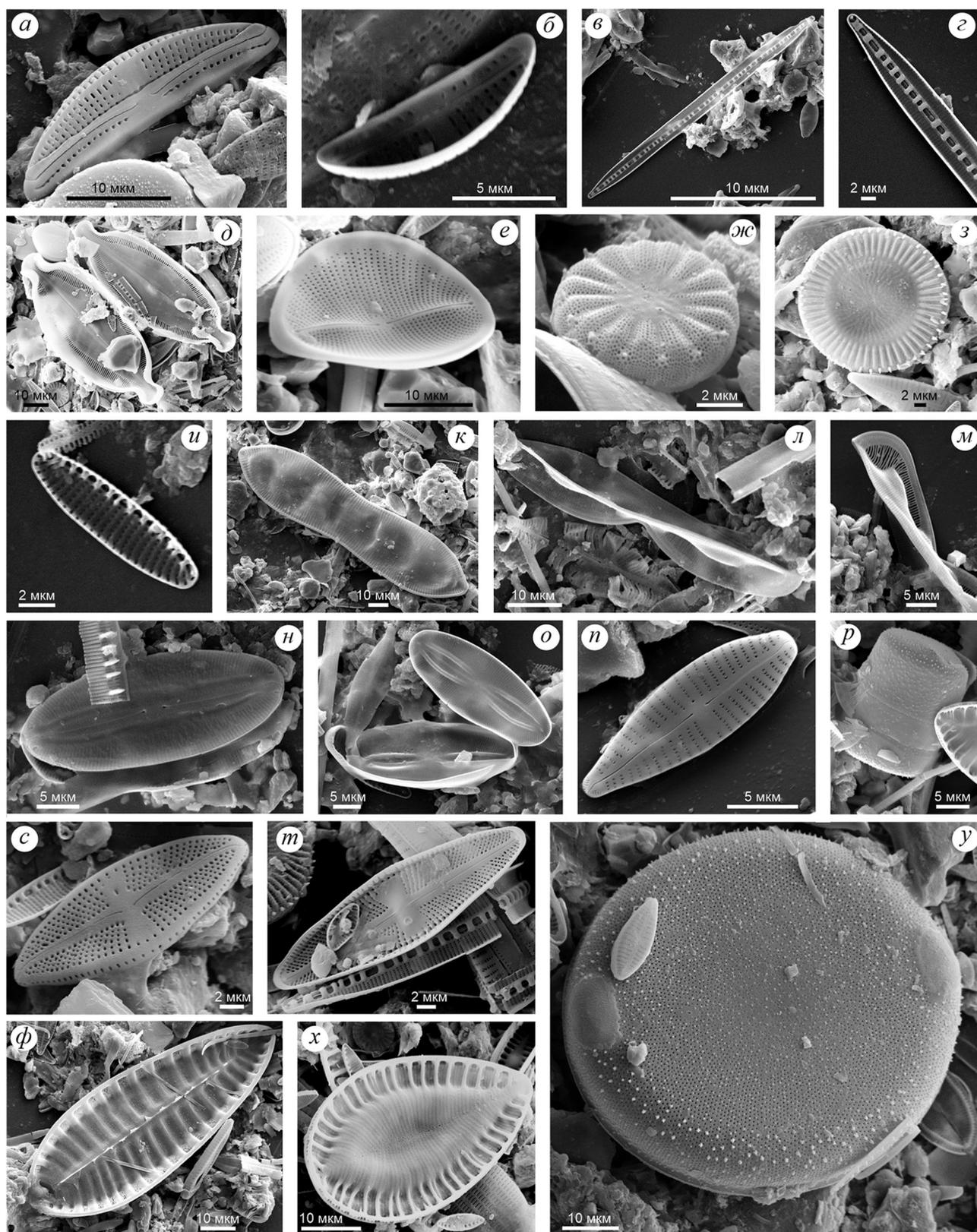


Рис. 3. Диатомовые водоросли реки Темерник (СЭМ).

Fig. 3. Diatoms of the Temernik River (SEM).

a – *Amphora ovalis*; б – *Amphora pediculus*; в, з – *Bacillaria paxillifera*; д – *Caloneis amphisbaena*; е – *Cocconeis pediculus*; ж – *Cyclotella atomus*; з – *Cyclotella meneghiniana*; и – *Nitzschia inconspicua*; к – *Cymatopleura solea*; л, м – *Entomoneis paludosa*; н, о – *Fallacia pygmae*; п – *Gomphonema parvulum*; р – *Melosira varians*; с, м – *Luticola mutica*; у – *Pleurosira laevis*; ф – *Surirella ovalis*; х – *Surirella minuta*.

вод относится к сульфатному классу кальциевой группы, который характеризуется высокой жесткостью и содержанием сульфат-ионов и близок по ионному составу к подземным водам. Кроме того, этот тип существенно отличается от воды р. Дон, относящейся к гидрокарбонатному классу кальциевой группы, среднегодовая минерализация которой в створе г. Ростова-на-Дону составляет 0,6–0,8 г/л [15]. Несомненно, вода из р. Темерник по своему типу относится к континентальным водам (сульфатно-кальциевой группы), но по величине общей минерализации она приближается к солености вод восточной части Таганрогского залива (морские воды хлоридно-натриевой группы), средняя величина которой за 55-летний период (1960–2014 гг.) составила 2,75 ‰ [17]. Более того, в последние годы отмечается период маловодья, когда еще одним важным фактором, влияющим на гидрохимические параметры воды на устьевом взморье, оказываются подземные грунтовые воды (относящиеся к сульфатному классу кальциевой группы) из ериков и малых рек (Мокрый Кагальник, Сухой Кагальник и др.) [16]. В результате в восточной части Таганрогского залива и на устьевом взморье происходят сложные гидрохимические процессы смешения вод разной природы (морской и континентальной) [16].

Важно отметить, что среди диатомовых водорослей, обитающих в восточной части Таганрогского залива и выявленных нами в р. Темерник, достаточно общих видов: *Amphora ovalis*, *A. pediculus*, *Chaetoceros muelleri*, *Cocconeis pediculus*, *C. placentula* var. *euglypta*, *Cyclotella atomus*, *C. meneghiniana*, *Cymatopleura solea*, *Luticola mutica*, *Navicula cryptocephala*, *N. rhynchocephala*, *N. salinarum*, *Nitzschia inconspicua*, *Rhoicosphenia abbreviate*, *Surirella minuta*, *S. ovalis*, *Tryblionella hantzschiana*, *T. hungarica*, *T. littoralis* var. *tergestina*. Это может косвенно свидетельствовать о том, что некоторые пресноводно-солонатоводные и солонатоводные виды морского происхождения могут преодолевать влияние осмотического фактора и адаптируются в водах континентального типа.

В связи с этим можно предположить, что существует потенциальная опасность проникновения видов «морского» происхождения в пресноводный биотоп. В качестве одного из таких примеров можно рассмотреть диатомовую водоросль *Pleurosira laevis* (рис. 3у), обнаруженную в различных континентальных водоемах, включая р. Темерник. Ареал этого вида в азово-черноморском бассейне ограни-

чивался прибрежными опресненными районами Черного и Азовского морей, Керченского пролива и приазовских лиманов. В Аральском и Каспийском морях вид до сих пор не обнаружен [18]. В то же время накапливается все больше сведений о том, что *P. laevis* заселяется в реки, расположенные далеко от морских побережий. Особо интересны для сравнения случаи обнаружения *P. laevis* в реках Билина (левый приток Эльбы, Чешская Республика) [19], Зерафшан (район г. Навои, Узбекистан) [18], Масуле (провинция Гилян, Иран) [20]. Минерализации воды в р. Зерафшан составляет 1,2–1,99 г/л (максимальная 2,56–3,66 г/л) [18], что сопоставимо с показателями р. Темерник. В других работах [19; 20] также указывается на повышение минерализации и антропогенное засоление. Перечисленные выше реки удалены как друг от друга, так и от морских побережий, и, кроме того, *P. laevis* не находили ранее во флоре этих (и ближайших) водоемов. Учитывая, что *P. laevis* имеет довольно крупные (в сравнении с другими диатомовыми) и характерные створки, не заметить этот вид сложно.

Никто из авторов статей [18–20] не может дать однозначного ответа на вопрос о путях проникновения *P. laevis* в реки, высказывая предположения о том, что вид мог проникнуть как в результате воздушного (птицы) и водного (обрастания лодок и т.п.) переноса, так и в результате интродукции (в процессе зарыбления). В случае с р. Темерник, которая не является судоходной (даже для маломерных судов и лодок), а также не подвергалась зарыблению, остается только одна гипотеза – воздушный перенос с птицами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На данном этапе получены первые ограниченные сведения о видовом разнообразии эпифитных диатомовых водорослей р. Темерник. В ходе исследования выявлено 50 видов диатомовых водорослей из 28 родов. Первичные данные показали динамику видового разнообразия эпифитного сообщества р. Темерник: в октябре идентифицировано 46 видов (из 25 родов), в апреле – всего 7 видов (из 5 родов), в начале мая – 23 вида (из 13 родов). Осенью в перифитонном сообществе преобладали представители родов *Nitzschia*, *Rhoicosphenia*, *Bacillaria*, *Navicula*, весной доминировали *Gomphonema* spp., *Synedra*, *Tabularia*, *Navicula* spp. В обрастаниях также отмечено несколько планктонных видов: *Chaetoceros*

muelleri, *Entomoneis paludosa*, *Cyclotella atomus*, *Cyclotella meneghiniana*, *Cyclostephanos dubius*. Помимо типичных для рек пресноводных видов выявлены пресноводно-солонатоводные, солонатоводные и солонатоводно-морские виды: *Navicula salinarum*, *Pleurosigma elongatum*, *Pleurosira laevis*, *Surirella ovalis*, *Tabularia tabulata*, *Tryblionella littoralis* var. *tergestina*, *T. apiculate*, *T. hungarica*. Возможно, что экологию некоторых видов еще следует уточнить (с учетом их находок в речном биотопе), но это, несомненно, следует учитывать при построении палеоэкологических реконструкций, основанных на анализе видового состава диатомовых водорослей.

Как показало данное исследование, гидрохимические параметры воды в р. Темерник с высоким уровнем минерализации могут создать предпосылки для успешной адаптации некоторых солонатоводных видов микроводорослей, и этот вопрос требует дальнейшего изучения и проработки.

Нахождение некоторых видов (например, *Pleurosira laevis*) в нетипичных для них регионах может быть обусловлено разными причинами: от кратковременного проникновения до расширения ареала отдельных видов (биологическая инвазия). В парке им. Октября круглогодично обитает большое количество птиц, часть из которых (чайки, бак-

ланы и пр.) может переносить на своем оперении микрочастицы (к которым относятся и диатомовые водоросли) из дельты Дона и из Таганрогского залива. Этот аспект переноса и расселения микроводорослей также требует пристального внимания исследователей.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают признательность и благодарность в.н.с. ЮНЦ РАН, к.б.н. В.В. Титову за помощь при отборе проб и конструктивные идеи, использованные в процессе исследования.

Публикация подготовлена в ходе реализации ГЗ ЮНЦ РАН № 122011900166-9 «Влияние глобальных палеоэкологических и палеогеографических событий на состояние биогеоценозов и человеческих популяций южных регионов Северной Евразии в позднем кайнозое». Часть гидробиологических и гидрохимических исследований выполнена при финансовой поддержке проекта РФФИ № 19-05-50099 «Микрочастицы в донных отложениях Азовского моря: происхождение, экологическое значение». В ходе исследования использовалось оборудование Центра коллективного пользования объектов (№ 501994) Южного научного центра Российской академии наук (СЭМ и др.).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гостищев В.Д., Пономаренко Т.С., Рыжаков А.Н., Бревева А.В. 2018. Гидрологические расчеты и результаты компьютерного моделирования прохождения максимальных расходов в русле реки Темерник. *Гидрометеорология и экология*. 2(89): 89–98.
2. Бакаева Е.Н., Тарадайко М.Н., Игнатова Н.А. 2018. Динамика экотоксичности вод урбанизированного участка р. Темерник. В кн.: *Актуальные вопросы рыболовства, рыбоводства (аквакультуры) и экологического мониторинга водных экосистем: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию Азовского научно-исследовательского института рыбного хозяйства (Ростов-на-Дону, 11–12 декабря 2018 г.)*. Ростов н/Д, изд-во ФГБНУ «АзНИИРХ»: 246–249.
3. Дробашева Т.И., Кленкин А.А., Пелипенко Л.В., Редрикова О.Д., Каструбина Г.И. 2003. Мониторинг загрязнений рек Темерник и Дон в пределах Ростова-на-Дону. *Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки*. 1(121): 85–87.
4. Ковалева Г.В. 2019. Палеогеография и стратиграфия средне- и верхнечетвертичных отложений Азовского моря по результатам диатомового анализа. В кн.: *Палеогеография Приазовья в голоцене*. Ростов н/Д, изд-во ЮНЦ РАН: 54–111.
5. Ковалева Г.В. 2016. История изучения микроводорослей Азовского моря. Обзор. *Наука Юга России*. 12(3): 51–66.
6. Воловик С.П., Корпакова И.Г., Афанасьев Д.Ф., Федяева В.В., Громов В.В. 2008. *Флора водных и прибрежно-водных экосистем Азово-Черноморского бассейна*. Краснодар, ФГУП «АзНИИРХ»: 275 с.
7. Сафронова Л.М., Шляхова Н.А., Фроленко Л.Н., Афанасьев Д.Ф., Лужняк О.Л., Живоглядова Л.А., Ковалев Е.А., Хренкин Д.В. 2017. Фитопланктон, зоопланктон и зообентос водохранилищ Маньчского каскада. В кн.: *Труды АзНИИРХ (Результаты рыбохозяйственных исследований в Азово-Черноморском бассейне): Сборник научных трудов по результатам исследований за 2014–2015 гг.* Ростов н/Д, ФГБНУ «АзНИИРХ»: 129–137.
8. Ковалева Г.В. 2018. К флоре диатомовых водорослей Усть-Маньчского водохранилища (Западенский и Шахаевский лиманы). В кн.: *Труды ЮНЦ РАН. Том VII: Природные и антропогенные факторы в трансформации экосистемы Западного Маньча*. Ростов н/Д, изд-во ЮНЦ РАН: 67–103.
9. Аксенова Е.И. 1972. Влияние зарегулирования речного стока на фитопланктон Нижнего Дона. *Гидробиологический журнал*. 8(3): 34–38.
10. Бакаева Е.Н., Аль-Гиззи М.А.Б. 2019. Динамика фитопланктона реки Дон в пределах г. Ростов-на-Дону. *Экология. Экономика. Информатика. Серия: Системный анализ и мо-*

- делирование экономических и экологических систем. 1(4): 159–163. doi: 10.23885/2500-395X-2019-1-4-159-163
11. Korneva L.G., Glushchenko G.Yu. 2020. Composition and seasonal succession of phytoplankton of Taganrog Bay in the Sea of Azov and the downstream reaches of the Don River under a changing climate. *Inland Water Biology*. 13(1): 23–30. doi: 10.1134/S1995082920010071
 12. Неврова Е.Л., Снигирева А.А., Петров А.Н., Ковалева Г.В. 2015. *Руководство по изучению морского микрофитобентоса и его применению для контроля качества среды*. Симферополь, Нижняя Оріанда: 175 с.
 13. Забелина М.М., Киселев И.А., Прошкина-Лавренко А.И. 1950. *Диатомовый анализ. Книга 3. Определитель ископаемых и современных диатомовых водорослей. Порядок Pennales*. Л., Гостеолитиздат: 398 с.
 14. Барина С.С., Медведева Л.А., Анисимова О.В. 2000. *Водоросли-индикаторы в оценке качества вод окружающей среды*. М., ВНИИприроды: 150 с.
 15. Алекин О.А. 1948. К вопросу о химической классификации природных вод. В кн.: *Вопросы гидрохимии. Труды НИУ ГУТМС. Серия 4. Вып. 32*. Л., Гидрометеоздат: 25–39.
 16. Матишов Г.Г., Григоренко К.С. 2018. Маловодье и роль грунтовых вод в осолонении аванделты Дона. *Доклады Академии наук*. 483(4): 442–446. doi: 10.31857/S086956520003284-5
 17. Куропаткин А.П., Шишкин В.М., Бурлачко Д.С., Карманов В.Г., Жукова С.В., Подмарева Т.И., Фоменко И.Ф., Лутынская Л.А. 2015. Современные и перспективные изменения солёности Азовского моря. *Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе*. 11: 7–16.
 18. Маманазарова К.С., Гололобова М.А. 2016. *Pleurosira laevis* (Ehrenberg) Compère – новый вид диатомовой водоросли для Узбекистана и Средней Азии. *Российский журнал биологических инвазий*. 4: 85–92.
 19. Fránková-Kozáková M., Marvan P., Geriš R. 2007. Halophilous diatoms in Czech running waters: *Pleurosira laevis* and *Bacillaria paxillifera*. In: *Proceedings of the 1st Central European Diatom Meeting (Berlin-Dahlem, 23–25 March 2007)*. Berlin, Botanic garden and Botanical Museum, Berlin-Dahlem, Freie Universität Berlin: 39–44.
 20. Sharifinia M., Ramezanpour Z., Namin J.I. 2016. Distribution of benthic centric diatom *Pleurosira laevis* (Compère, 1982) in different substrate type and physical and chemical variables. *Acta Limnologica Brasiliensia*. 28: e-18. doi: 10.1590/S2179-975X2416
- REFERENCES
1. Gostishchev V.D., Ponomarenko T.S., Ryzhakov A.N., Breeva A.V. 2018. [Hydrological calculations and results of computer modeling of the maximum water flow in the Temernik River]. *Gidrometeorologiya i ekologiya*. 2(89): 89–98. (In Russian).
 2. Bakaeva E.N., Taradayko M.N., Ignatova N.A. 2018. [Water ecotoxicity dynamics of the Temernik River's urbanized part]. In: *Aktual'nye voprosy rybolovstva, rybovodstva (akvakul'tury) i ekologicheskogo monitoringa vodnykh ekosistem. Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 90-letiyu Azovskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta rybnogo khozyaystva*. [Current Issues of Fisheries, Fish Breeding (Aquaculture), and Ecological Monitoring of Aquatic Ecosystems: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference, dedicated to the 90th Anniversary of the Azov Sea Research Fisheries Institute (Rostov-on-Don, Russia, 11–12 December 2018)]. Rostov-on-Don, FSBSI "AzNIIRKH": 246–249. (In Russian).
 3. Drobasheva T.I., Klenkin A.A., Pelipenko L.V., Redrikova O.D., Kastrubina G.I. 2003. [Monitoring of pollution of the rivers Temernik and Don within Rostov-on-Don]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Severo-Kavkazskiy region. Seriya: Estestvennyye nauki*. 1(121): 85–87. (In Russian).
 4. Kovaleva G.V. 2019. [Paleogeography and stratigraphy of the Middle and Upper Quaternary deposits of the Sea of Azov based on the results of diatom analysis]. In: *Paleogeografiya Priazov'ya v golotsene*. [Paleogeography of the Sea of Azov in the Holocene]. Rostov-on-Don, Southern Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences: 54–111. (In Russian).
 5. Kovaleva G.V. 2016. [The history of the Sea of Azov microalgae studies. The review]. *Nauka Yuga Rossii*. 12(3): 51–66. (In Russian).
 6. Volovik S.P., Korpakova I.G., Afanas'ev D.F., Fedyaeva V.V., Gromov V.V. 2008. *Flora vodnykh i pribrezhno-vodnykh ekosistem Azovo-Chernomorskogo basseyna*. [Flora of aquatic and coastal-aquatic ecosystems of the Azov-Black Sea basin]. Krasnodar, Federal State Unitary Enterprise "AzNIIRKH": 275 p. (In Russian).
 7. Safronova L.M., Shlyakhova N.A., Frolenko L.N., Afanas'ev D.F., Luzhnyak O.L., Zhivoglyadova L.A., Kovalev E.A., Khrenkin D.V. 2017. [Phytoplankton, zooplankton and zoobenthos of the Manych cascade reservoirs]. In: *Trudy AzNIIRKh (Rezultaty rybokhozyaystvennykh issledovaniy v Azovo-Chernomorskom basseyne): Sbornik nauchnykh trudov po rezul'tatam issledovaniy za 2014–2015 gg.* [Proceedings of AzNIIRKh (Results of fishery research in the Azov-Black Sea basin): Collection of scientific works based on research results for 2014–2015]. Rostov-on-Don, Federal State Budgetary Scientific Institution "AzNIIRKH": 129–137. (In Russian).
 8. Kovaleva G.V. 2018. [To the flora of diatoms of the Ust-Manych reservoir (Zapadensky and Shakhavsky estuaries)]. In: *Trudy YuNTs RAN. Tom VII: Prirodnye i antropogennye faktory v transformatsii ekosistemy Zapadnogo Manycha*. [Proceedings of the SSC RAS. Volume VII: Natural and anthropogenic factors in the transformation of the Western Manych ecosystem]. Rostov-on-Don, Southern Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences: 67–103. (In Russian).
 9. Aksenova E.I. 1972. [Effect of river flow regulation on the phytoplankton of the Lower Don]. *Gidrobiologicheskii zhurnal*. 8(3): 34–38. (In Russian).
 10. Bakaeva E.N., Al-Gizzi M.A.B. 2019. [Phytoplankton dynamics of the river Don within Rostov-on-Don]. *Ekologiya. Ekonomika. Informatika. Seriya: Sistemnyy analiz i modelirovaniye ekonomicheskikh i ekologicheskikh sistem*. 1(4): 159–163. (In Russian). doi: 10.23885/2500-395X-2019-1-4-159-163.
 11. Korneva L.G., Glushchenko G.Yu. 2020. Composition and seasonal succession of phytoplankton of Taganrog Bay in the Sea of Azov and the downstream reaches of the Don River under a changing climate. *Inland Water Biology*. 13(1): 23–30. doi: 10.1134/S1995082920010071

12. Nevrova E.L., Snigireva A.A., Petrov A.N., Kovaleva G.V. 2015. *Rukovodstvo po izucheniyu morskogo mikrofitobentosa i ego primeneniyu dlya kontrolya kachestva sredy*. [Guidelines for the study of marine microphytobenthos and its application for environmental quality control]. Simferopol, Nizhnyaya Orianda: 175 p. (In Russian).
13. Zabelina M.M., Kiselev I.A., Proshkina-Lavrenko A.I. 1950. *Diatomovyy analiz. Kniga 3. Opredelitel' iskopayemykh i sovremennykh diatomovykh vodorosley. Poryadok Pennales*. [Diatom analysis. Book 3. Key to fossil and modern diatoms. Order Pennales]. Leningrad, Gosgeolizdat: 398 p. (In Russian).
14. Barinova S.S., Medvedeva L.A., Anisimova O.V. 2000. *Vodorosli-indikatoriy v otsenke kachestva vod okruzhayushchey sredy*. [Algae-indicators in the assessment of environmental water quality]. Moscow, VNIIPrirody: 150 p. (In Russian).
15. Alekin O.A. 1948. [On the question of the chemical classification of natural waters]. In: *Voprosy gidrokhimii. Trudy NIU GUGMS. Seriya 4. Vyp. 32*. [Questions of hydrochemistry. Proceedings of NRU GUGMS. Series 4. Issue 32]. Leningrad, Gidrometeoizdat: 25–39. (In Russian).
16. Matishov G.G., Grigorenko K.S. 2018. Water scarcity and the role of groundwater in salinization of the Don avandelta. *Doklady Earth Sciences*. 483(2): 1528–1533. doi: 10.1134/S1028334X18120073
17. Kuropatkin A.P., Shishkin V.M., Burlachko D.S., Karmanov V.G., Zhukova S.V., Podmareva T.I., Fomenko I.F., Lutynskaya L.A. 2015. [Current and prospective changes in the salinity of the Sea of Azov]. *Environmental Protection in Oil and Gas Complex*. 11: 7–16. (In Russian).
18. Mamanazarova K.S., Gololobova M.A. 2017. First record of diatom species *Pleurosira laevis* (Ehrenberg) Compère for Uzbekistan and Central Asia. *Russian Journal of Biological Invasions*. 8: 69–74. doi: 10.1134/S2075111717010088
19. Fránková-Kozáková M., Marvan P., Geriš R. 2007. Halophilous diatoms in Czech running waters: *Pleurosira laevis* and *Bacillaria paxillifera*. In: *Proceedings of the 1st Central European Diatom Meeting (Berlin-Dahlem, 23–25 March 2007)*. Berlin, Botanic garden and Botanical Museum, Berlin-Dahlem, Freie Universität Berlin: 39–44.
20. Sharifinia M., Ramezanpour Z., Namin J.I. 2016. Distribution of benthic centric diatom *Pleurosira laevis* (Compère, 1982) in different substrate type and physical and chemical variables. *Acta Limnologica Brasiliensia*. 28: e-18. doi: 10.1590/S2179-975X2416

Поступила 18.07.2022