

УДК 582.232(556.55)+628.1

АНОМАЛЬНОЕ ОСОЛОНЕНИЕ В ТАГАНРОГСКОМ ЭСТУАРИИ И ДЕЛЬТЕ ДОНА

© 2016 г. Академик Г.Г. Матишов^{1,2}, Г.В. Ковалева³, О.Н. Ясакова³

Аннотация. В течение 2014–2015 гг. в Таганрогском заливе наблюдалась аномально высокая соленость, которая в сочетании с другими природными явлениями, такими как «цветение» воды, оказывает существенное влияние на биоту. Массовое размножение микроводорослей, которое приводит к «цветению» воды, – типичное явление для Таганрогского залива, дельты Дона, Цимлянского водохранилища и других опресненных водоемов. Помимо опасности «заморных» явлений (сопровождающихся гибелью рыбы), это приводит к ухудшению свойств питьевой воды, даже при небольшом «цветении». Кроме того, массовое развитие цианопрокариот осложняет работу фильтров на водопроводных станциях, поскольку они быстро забиваются, а водоросли, накапливаясь на фильтрах, начинают разлагаться и загрязняют воду фенолом, индолом и другими продуктами разложения; некоторые виды выделяют токсины. Неприятный запах воде придают также продукты метаболизма цианопрокариот – одоранты (геосмин и хлорфенолы). Наибольшая концентрация одорантов в природных водоемах происходит в результате сезонного отмирания цианопрокариот в конце лета и осенью, но эпизодические скачки солености, отмечаемые в преддельтовом районе Таганрогского залива в последние годы, тоже могут приводить к массовой гибели популяции цианопрокариот и, как следствие, к разрушению их клеток и выделению одорирующих веществ. При интенсивном потреблении некоторыми видами рыб отмирающих цианопрокариот либо при долгом нахождении в местах скопления водорослей рыба приобретает устойчивый запах «дуста», что может быть связано с накоплением фенолов, хлорфенолов и других одорантов в тканях рыбы. На настоящий момент нет действенных методов по предотвращению «цветения» водоемов. Бороться с запахом питьевой воды следует известными техническими методами, среди которых наиболее эффективным признается сорбционный метод дезодорации воды. Технологий, нейтрализующих запах рыбы, пойманной в Таганрогском заливе, нет.

Ключевые слова: цианопрокариоты (синезеленые водоросли), «цветение» воды, запах воды, одоранты.

ANOMALOUS HIGH SALINITY IN THE TAGANROG BAY ESTUARY AND THE DON DELTA

Academician RAS G.G. Matishov^{1,2}, G.V. Kovaleva³, O.N. Yasakova³

Abstract. Abnormally high salinity was registered in the Taganrog Bay during 2014–2015, which in combination with other natural phenomena such as algal blooming has a significant impact on the biota. Mass reproduction of micro-algae, which results in algal blooming, is a typical phenomenon for the Taganrog Bay, Don Delta, Tsymlyansk water storage reservoir, and other freshened water bodies. Apart from the danger of fish kill phenomena the fact also lowers the drinking water qualities and properties, even in case of light algal

¹Южный научный центр Российской академии наук (Southern Scientific Centre, Russian Academy of Sciences, Rostov-on-Don, Russian Federation), Российская Федерация, 344006, г. Ростов-на-Дону, пр. Чехова, 41, тел. (863) 266-64-26, e-mail: matishov_ssc-ras@ssc-ras.ru.

²Мурманский морской биологический институт Кольского научного центра Российской академии наук (Murmansk Marine Biological Institute, Kola Scientific Centre, Russian Academy of Sciences, Murmansk, Russian Federation), Российская Федерация, 183010, г. Мурманск, ул. Владимирская, 17.

³Институт аридных зон Южного научного центра Российской академии наук (Institute of Arid Zones, Southern Scientific Centre, Russian Academy of Sciences, Rostov-on-Don, Russian Federation), Российская Федерация, 344006, г. Ростов-на-Дону, пр. Чехова, 41, тел. (863) 250-98-07, e-mail: kovaleva@ssc-ras.ru.

blooming. Besides, mass development of cyano-prokaryotic organisms complicates the running of filters at water supply stations: filters get clogged quickly, and algae, accumulating in the filters, begin to decompose and pollute water with phenol, indole, and other decomposition products, while some species even produce toxins. The products of metabolism of cyano-prokaryotic organisms – odorants (geosmin and chlorophenols) – add the unpleasant smell to water as well. The highest concentration of odorants in the natural water bodies is a result of seasonal death of cyano-prokaryotic organisms at the end of summer and in autumn, though episodic jumps of salinity, registered in the front-delta area of the Taganrog Bay during the recent years, may also lead to the mass mortality in the cyano-prokaryotic population, and, as a consequence, to the destruction of their cells and the release of odoriferous substances. In case of intensive consumption of dying cyano-prokaryotic organisms by some fish species or in case of a long-term location in the algae concentration sites, fish acquires a persistent smell of DDT, the fact which may be connected with the accumulation of phenols, chlorophenols, and other odorants in the tissues of fish. There are currently no effective methods to prevent algal blooming in water bodies. To treat the odoriferous smell of drinking water one has to apply the known technical methods, of which water deodorization sorption method is considered to be the most effective one. There are no technologies neutralizing the acquired smell of fish caught in the Taganrog Bay.

Keywords: cyano-prokaryotic organisms (blue-green algae), algae blooming, water smell, odorants.

«Цветение» воды в результате массового размножения микроводорослей – многократно описанное для Таганрогского залива, дельты Дона, водохранилищ и др. водоемов явление. Причиной «цветения» воды в опресненных мелководных водоемах чаще всего считают цианопрокариот (ранее их называли синезелеными водорослями, или цианобактериями) из родов *Aphanizomenon*, *Anabaena*, *Microcystis* и *Oscillatoria*.

Даже при слабом «цветении» резко ухудшаются органолептические свойства воды. Интенсивное развитие цианопрокариот приводит к ухудшению работы фильтров на водопроводных станциях, забивая их. Водоросли, скапливаясь на фильтрах, разлагаются и загрязняют воду фенолом, индолом и другими продуктами разложения, а некоторые виды выделяют токсины [1]. Неприятный запах воде придают также продукты метаболизма цианопрокариот – геосмин и хлорфенолы [2].

Со второй половины июля по начало октября 2015 г. многие жители г. Таганрога, г. Азова, с. Кагальник, с. Порт-Катон и других населенных пунктов, расположенных на берегу Таганрогского залива, замечали, что с акватории залива периодически доносился запах, напоминающий запах дуста. Мясо рыбы, выловленной в этот период, также имело резкий запах «дуста», избавиться от которого не удавалось ни при термической обработке, ни при ее выдерживании в проточной воде. Местное население было чрезвычайно обеспокоено этим явлением, тем более что старожилы не могли припомнить, чтобы такое случалось ранее. Присутствие запаха дуста часто связывают с интенсивным развитием цианопрокариот, но «цветения» воды в результате развития водорослей случались и ранее, но такого запаха на побережье Таганрогского залива не отмечали.

Появление неприятного запаха воды во время массового развития микроводорослей – явление, которое носит эпизодический характер. Часто появление запаха невозможно предсказать даже в тех водоемах, где «цветение» воды возникает регулярно из года в год. Вместе с тем эта проблема достаточно актуальна для различных регионов нашей страны: например, в Москве такие эпизоды были зарегистрированы осенью 1999 г. и весной 2000 г., в Ижевске в 2003 г., Екатеринбурге в 2008 г., Качканаре в 2010 г., Снежинске в 2011 г., Хабаровске в 2012 г., Новокузнецке в 2010 г. [3].

Появление запаха связывают с присутствием в воде особых органических веществ биогенного происхождения, так называемых одорантов. Среди продуцентов этой группы веществ известны как цианопрокариоты, так и другие группы эукариотических водорослей, а также актиномицеты. Тем не менее цианопрокариоты считаются основным источником одорантов в природных поверхностных водах [4]. Наиболее часто встречаемыми и хорошо изученными одорантами являются геосмин и 2-метилизоборнеол. Однако этими веществами список одорантов не исчерпывается, а запахи могут быть связаны с содержанием в воде и других групп веществ [3; 5].

Геосмин – вещество биологического происхождения, которое придает воде запах («затхлый», «землистый», «болотистый») даже при очень низких концентрациях. Врачи-гигиенисты относят эти соединения к малотоксичным и рекомендуют лишь увеличивать дозу реагентов на этапе очистки воды, включая очистку озоном. После завершения массового развития микроводорослей в воде часто появляются хлорфенолы, которые и придают воде «аптечный запах» задолго до превышения ПДК (0,001 мг/л).

Одоранты имеют крайне низкий порог обнаружения органами чувств, так, например, запах геосмина ощущается на уровне 0,001–0,02 мкг/л, 2-метилизоборнеола – 0,002–0,04 мкг/л [3]. Для того чтобы выявить эти вещества в концентрациях, улавливаемых органами чувств, необходимы высокочувствительные методы, такие как газовая хроматография с масс-селективным детектированием и жидкостно-жидкостной экстракцией в качестве пробоподготовки [2]. Однако эти приборы и методы не всегда доступны в лабораториях. Поэтому до сих пор невозможно отказаться от субъективных органолептических методов оценки качества воды (запах в баллах). Неслучайно санитарные правила и нормативы Российской Федерации по питьевой воде нормируют именно запах [6].

Под действием стрессовых факторов, таких как недостаток освещения, снижение температуры, превышение оптимальной концентрации биогенных элементов [2], пересыхание, фотоокисление [4], выделение одорантов в среду повышается. К повышению концентрации одорантов приводит и разрушение клеток, в частности разрушение цианобактерий гетеротрофными организмами – актиномицетами, грибами или мелкими ракообразными [4]. Несомненно, что при водоочистных мероприятиях тоже происходит разрушение клеток и выделение ими одорантов, но наибольшая концентрация одорантов в природных водоемах происходит в результате сезонного отмирания цианопрокариот в конце лета и осенью. Следовательно, к повышению концентрации одорантов в питьевой воде могут приводить не сами «цветения», а разрушение клеток цианопрокариот в результате водоочистных мероприятий. Интенсивность запаха может быть не связана с интенсивностью цветения [3]. Так, например, в условиях лабораторного культивирования цианопрокариот запах присутствует на всех стадиях роста культуры [2].

Следует отметить, что общее количество видов, способных синтезировать одоранты, не известно. Тем не менее поиск таких видов-продуцентов необходимо продолжать. Важно также уделять внимание резким сменам видового состава фитопланктона, указывающим на изменения экологических условий водной среды. Так, многолетние наблюдения за фитопланктоном Волчихинского водохранилища, источника питьевого водоснабжения Екатеринбурга, показали, что запах в воде появляется в те годы, когда на уровне фитопланктонного сообщества происходит смена доминирующих видов, а именно *Aphanizomenon flos-aquae* (L.) Ralfs и *Planktothrix agardhii* (Gom.) Anagn. et Kom. [3]. При этом отмечается, что чем более резко происходит смена, тем сильнее ощущается запах. В Ижевском пруду запах «дуста» впервые появился в

2003 г., когда было отмечено «цветение» воды с развитием *A. flos-aquae*, причем проведенные анализы подтвердили наличие в воде геосмина. Весной 2004 г. снова возник запах, а следом произошло мощное развитие *P. agardhii* [3; 7].

Проблема эпизодического ухудшения качества воды в настоящее время считается принципиально неразрешимой. Причины и последствия «цветения» микроводорослей и появление неприятных запахов воды во время их массового развития – актуальная проблема, требующая тщательного изучения.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Для гидробиологического анализа в период «цветения» воды в Таганрогском заливе были использованы как архивные данные, так и материалы, отобранные в дельте Дона в августе 2015 г. Пробы воды отбирали в светлое время суток (с поверхности и у дна) на 4 станциях возле научно-экспедиционной базы «Кагальник» ЮНЦ РАН (протока Свиное гирло), а также на станции в восточной части Таганрогского залива – на гидрометеопосту ЮНЦ РАН «Взморье» (рис. 1).

Анализ видового состава фитопланктона проводили стандартными гидробиологическими методами. Для количественного учета планктонных водорослей пробы просматривали в камере Нажотта (0,1 см³) при увеличении $\times 200$ и $\times 400$. Для подсчета численности и биомассы планктонных микроводорослей использовали традиционные формулы [8]. Минимальный размер учтенных клеток 3–5 мкм. Для нитчатых форм в качестве одной условной единицы принимали нить размером 50 мкм.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Проведенные исследования показали, что по уровню развития фитопланктона Таганрогский залив является самым продуктивным районом Азовского моря. Численность микроводорослей (более 53000 млн кл./м³) свидетельствовала о «цветении» воды. Данные о количественном развитии микроводорослей в августе 2015 г. представлены в таблицах 1 и 2.

Интенсивное развитие 13–14 августа 2015 г. на ст. 1–4 получили два вида цианопрокариот – *Microcystis aeruginosa* и *Lyngbya limnetica*. В значительном количестве вегетировали *Anabaena flos-aquae*, *A. spiroides*, *A. hassali*, *Merismopedia tenuissima*, *M. punctata*, представители родов *Oscillatoria*, *Gomphosphaeria*, *Coelosphaera*. Вода имела бурый цвет, численность фитопланктона была в пределах 7,5–53384 млн кл./м³, биомасса – 914–5500 мг/м³ (табл. 1 и 2). Среди зеленых водорослей в массе раз-

вивались *Scenedesmus quadricauda*, *S. acuminatus*, *Ankistrodesmus fusiformis* и *A. longissimus*. Среди диатомовых наиболее многочисленными были центрические из родов *Cyclotella* и *Thalassiosira* и пеннатные (*Nitzschia tenuirostris*) виды водорослей с мелкими размерами клеток. В середине августа в открытой части залива (возле гидрометеопоста ЮНЦ РАН) наблюдали пятна «цветения» на поверхности воды, основу численности составили *Anabaena flos-aquae* и *A. spiroides*. В результате воз-

действия нагонного юго-западного ветра (17 августа 2015 г.) к берегу прибило «зеленую пленку» из водорослей и вода приобрела интенсивно-зеленый цвет. Доминирующими в это время были *Anabaena flos-aquae*, *A. spiroides*. Численность фитопланктона на некоторых станциях достигала 152 170 млн кл/м³ (табл. 1), биомасса 23,8 г/м³ (табл. 2). 19 августа 2015 г. показатели численности и биомассы фитопланктона снизились, вода вновь приобрела бурый цвет, пленка водорослей исчезла.

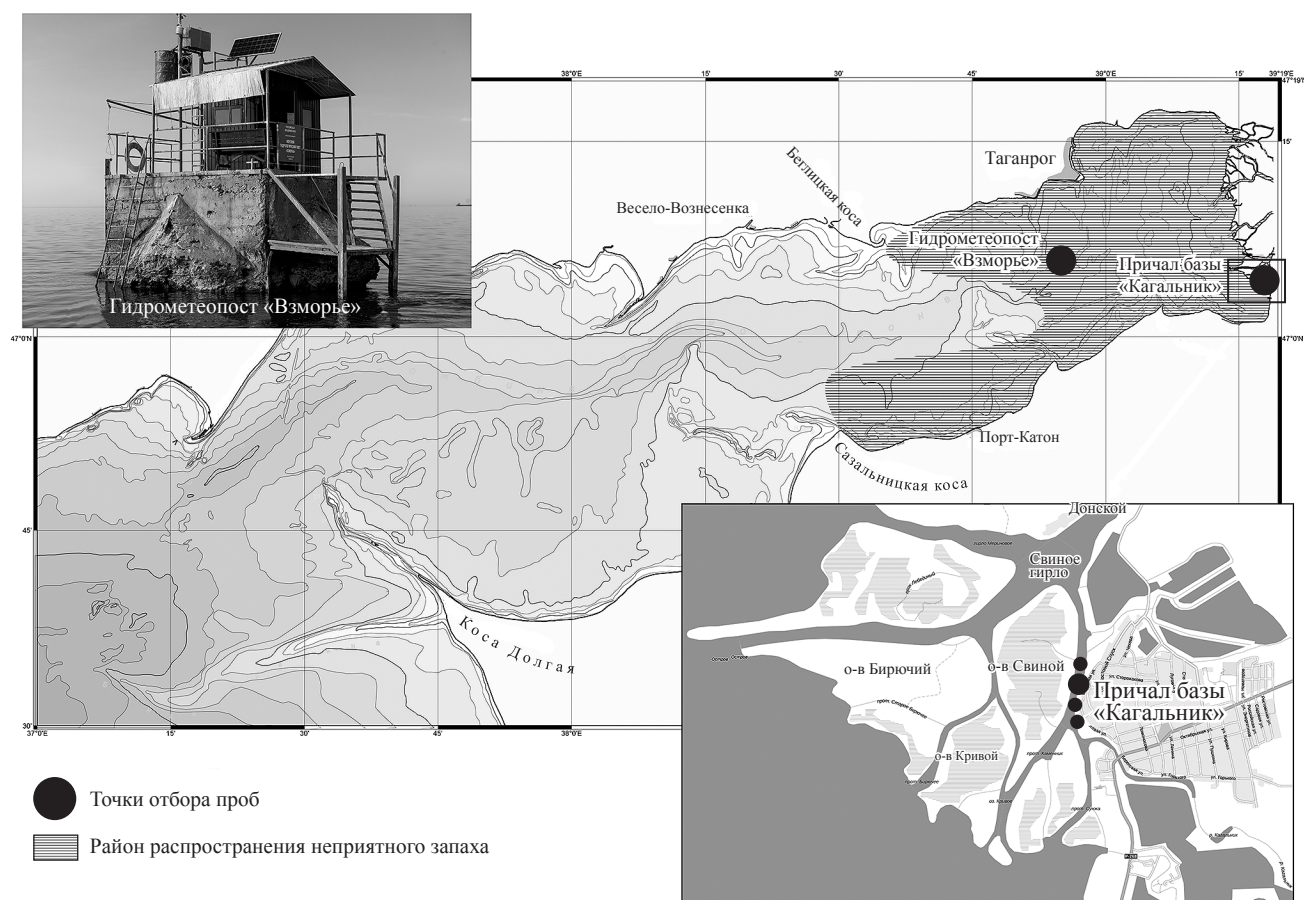


Рис. 1. Карта-схема отбора проб фитопланктона в августе 2015 г.

Fig. 1. Schematic map of phytoplankton sampling in August 2015

Таблица 1. Численность фитопланктона (млн кл/м³) в акватории Свиного гирла и Таганрогского залива в августе 2015 г.

Table 1. Phytoplankton numbers (million cells per m³) in the water area of the Swinoe Girlo bayou and Taganrog Bay in August 2015

Дата	Свиное гирло (НЭБ «Кагальник»)									Таганрогский залив (гидрометеопост)	
	ст. 1 (пов.)	ст. 1 (дно)	ст. 2 (пов.)	ст. 2 (дно)	ст. 3 (пов.)	ст. 3 (дно)	ст. 4 (пов.)	ст. 4 (дно)	Средняя	ст. 5 (пов.)	ст. 5 (дно)
13.08.2015	53384	24627	23481	15869	22946	12105	23126	18201	24217	—	—
14.08.2015	10278	7806	9908	10789	15238	17064	12150	7546	11347	29774	17414
17.08.2015	152170	111500	121020	52650	159790	43910	28790	24230	86758	56020	36130
19.08.2015	8760	6860	9530	10670	14110	9730	5360	11470	9561	44840	12250

Таблица 2. Биомасса фитопланктона (мг/м³) в акватории Свиного гирла и Таганрогского залива в августе 2015 г.
Table 2. Phytoplankton biomass (mg per m³) in the water area of the Swinoe Girlo bayou and Taganrog Bay in August 2015

Дата	Свиное гирло (НЭБ «Кагальник»)									Таганрогский залив (гидрометеопост)	
	ст. 1 (пов.)	ст. 1 (дно)	ст. 2 (пов.)	ст. 2 (дно)	ст. 3 (пов.)	ст. 3 (дно)	ст. 4 (пов.)	ст. 4 (дно)	Сред- няя	ст. 5 (пов.)	ст. 5 (дно)
13.08.2015	5500,07	2675,08	2764,99	2012,25	3211,92	2926,97	2343,76	835,74	2783,85	—	—
14.08.2015	2166,88	1914,90	1801,66	1513,53	2606,53	1592,33	1090,15	914,50	1700,06	6112,52	3042,95
17.08.2015	23802,84	20882,48	16136,57	7627,69	21955,58	9733,66	6925,50	4722,72	13973,38	10660,49	7132,33
19.08.2015	1889,56	1930,14	3845,83	2850,34	4523,55	1953,14	930,23	2922,37	2605,64	2869,87	1692,58

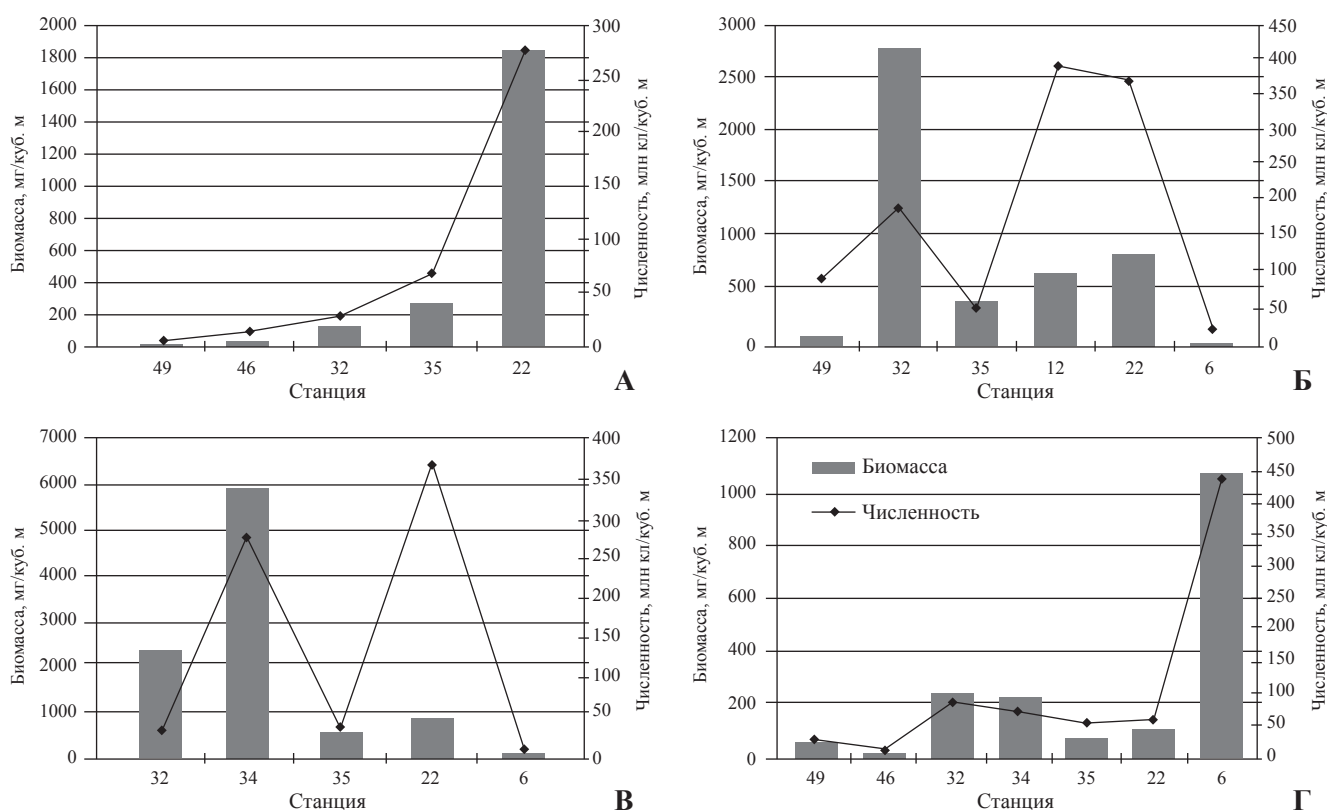


Рис. 2. Численность и биомасса *Aphanizomenon flos-aquae* (А), *Microcystis pulverea* (Б), *Microcystis aeruginosa* (В), *Anabaena flos-aquae* (Г) в Таганрогском заливе [10]

Fig. 2. The numbers and biomass of *Aphanizomenon flos-aquae* (A), *Microcystis pulverea* (B), *Microcystis aeruginosa* (B), *Anabaena flos-aquae* (D) in the Taganrog Bay [10]

Проводившийся с июля по октябрь ежедневный гидробиологический осмотр акватории Таганрогского залива, проток и судоходного канала в дельте Дона позволил оценить площадь «цветения» воды, она составила порядка 120–150 км².

ОБСУЖДЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ

За более чем 50-летний период изучения фитопланктона Азовского моря было выявлено около 103 видовых и внутривидовых таксонов циано-

прокариот [9; 10]. Эта группа водорослей имеет большое значение в формировании биомассы фитопланктона, особенно в Таганрогском заливе. В летние месяцы, в период пика развития цианопрокариот, на их долю приходится до 90% всей биомассы фитопланктона. При этом биомасса фитопланктона варьирует от 3–10 до 70–80 г/м³. Наиболее часто встречаются следующие виды: *Aphanizomenon flos-aquae* (L.) Ralfs, *Microcystis aeruginosa* Kutz. emed Elenk., *Anabaena flos-aquae* Elenk., *Lyngbya limnetica* Lemm. К периодиче-

ским доминантам следует отнести и *Microcystis pulverea* (Wood.) Fortii emed Elenk., *Anabaena spiroides* Kleb. Водоросли родов *Merismopedia*, *Gloecapsa*, *Gomphosphaeria*, *Coelosphaerium* не достигают обильной вегетации, однако незначительное количество клеток постоянно присутствует в планктоне залива. А такие виды, как *Anabaena reniformis* Lemm. emed Aptek., *A. affinis* Lemm., *Synechocystis salina* Wisl., периодически появляются в Таганрогском заливе и достигают значительной биомассы [9].

В последнее десятилетие (с 1997 г.) в планктоне Таганрогского залива и восточных районах Азовского моря часто отмечается еще несколько видов *Planktothrix agardhii* (Gom.) Anagn. et Kom. (устаревший синоним: *Oscillatoria agardhii* Gom.) и *Nodularia spumigena* Mertens [11]. Появление этих видов в кутовой части Таганрогского залива может быть связано с периодическим повышением солености в придельтовом районе.

Из цианопрокариот, регулярно развивающихся на акватории Таганрогского залива, достоверно доказано наличие токсинов у пяти видов (*Anabaena flos-aquae* (Lyngb.) Breb., *Anabaena knipowitschii* Usachev, *Aphanizomenon flos-aquae* (L.) Ralfs, *Microcystis aeruginosa* (Kütz.) Kütz. emend. Elenk., *Nodularia spumigena* Mertens) и вероятность их присутствия у еще одного вида – *Microcystis pulverea* [10]. Диапазон изменений численности и биомассы этих видов показан на рис. 2. Следует отметить, что пики численности и биомассы цианопрокариот зачастую не совпадают, поскольку даже при небольшой численности крупные размеры нитей или колоний могут давать значительную биомассу. В связи с этим при обсуждении проблемы «цветения» воды необходимо обращать внимание на высокие значения биомассы, а не численности клеток.

Массовое развитие цианопрокариот в Таганрогском заливе начинается обычно в июле, при температуре воды 24–29 °С, и достигает максимума в августе – сентябре при установившейся теплой и безветренной погоде, а завершение вегетации растягивается с конца октября по ноябрь (в зависимости от температуры воды).

Величина солености – важный лимитирующий фактор для развития микроводорослей в эстуарных водоемах. Большая часть цианопрокариот – пресноводные организмы, однако эвригалинность некоторых из них позволяет им интенсивно вегетировать далеко за пределами опресненной зоны. Массовое развитие цианопрокариот в Азовском море ограничено изогалиной 7–10,5‰ [10]. Экологическая граница расселения пресноводного вида *Aphanizomenon flos-aquae* расположена в диапазоне солености от 1,5 до 12‰, но рост его биомассы и

максимальная численность отмечены в диапазоне солености 1,5–6,5‰ [9]. К аналогичным условиям среды тяготеет и *Planktothrix agardhii* (Gom.) Anagn. et Kom. При солености 2–9‰ интенсивно развивается *Microcystis pulverea*, а *M. aeruginosa* вегетирует в тех же пределах, но максимальная биомасса ограничена изогалинами 3–7‰ [9].

В течение 2014–2015 гг. в Азово-Черноморском бассейне наблюдалась аномальная частота штормовых юго-восточных ветров и адвекции в Азовское море соленых черноморских вод [12; 13]. Вода с соленостью 15–17‰ нагнетается в бассейн Азовского моря при сильных штормовых циклонах на северо-востоке Чёрного моря [13], а азовские воды (соленостью около 11–14‰) вытесняются в Таганрогский залив навстречу стоку р. Дон. В июне 2014 г. зарегистрировано аномальное повышение солености в период нагонных явлений в дельте р. Дон – от 0,6‰ (обычная соленость для этого района) до 5,0‰. Процесс распреснения занял несколько суток, и при падении уровня воды соленость снизилась до 1,5‰. Аналогичный процесс имел место при катастрофическом затоплении дельты Дона и побережья Таганрогского залива в сентябре 2014 г., когда амплитуда колебаний уровня воды превысила 4 м, а величина солености в пик нагона в порту г. Азова достигла 6‰ [12]. В летний период 2015 г. тоже наблюдали снижение объемов стока реки Дон в акваторию залива, что способствовало повышению солености (до 1,5–2,5‰).

При повышении концентрации соли в среде клетки цианопрокариот, как и других организмов, испытывают сразу два типа стрессовых воздействий – осмотический и ионный стресс [14]. Под действием стрессовых факторов [4] выделение микроводорослями одорантов может существенно повышаться. К повышению концентрации одорантов приводит разрушение клеток цианобактерий, как в результате массового отмирания, так и вследствие разрушения гетеротрофными организмами [4]. При водоочистных мероприятиях тоже происходит разрушение клеток (механическое повреждение оболочек) и выделение ими одорантов. Следовательно, причиной появления запаха воды в Таганрогском заливе становится не само «цветение» воды (и часто оно не сопровождается неприятным запахом), а массовое отмирание микроводорослей в обстановке аномальной для взморья (2–5‰) солености воды. Механическое разрушение клеток в результате водоочистных мероприятий имеет локальный охват (системы городского водоснабжения). В результате продукты разложения биомассы водорослей выделяют в окружающую среду разнообразные органические соединения, в том числе и одоранты.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Как указывалось выше, наличие у питьевой или природной воды запаха «дуста» часто связывают с интенсивным развитием цианопрокариот, но «цветения» воды в результате развития микроводорослей случаются регулярно, а возникновение подобных запахов на побережье Таганрогского залива впервые отметили в 2015 г.

Наибольшая концентрация одорантов в природных водоемах происходит в результате сезонного отмирания цианопрокариот в конце лета и осенью, но эпизодические скачки солености, отмечаемые в предельтовом районе Таганрогского залива в последние годы, также могут приводить к массовой гибели популяции цианопрокариот и как следствие – к разрушению их клеток и выделению одорирующих веществ. Отмирая, цианопрокариоты образуют громадные объемы разлагающихся органических веществ, загрязняя воду такими продуктами метаболизма, как геосмин и фенолы. Последние, соединяясь со свободным (молекулярным) хлором, образуют хлорфенолы, запах которого и напоминает запах дуста.

При интенсивном потреблении некоторыми видами рыб отмирающих цианопрокариот либо при долгом нахождении в местах скопления водорослей рыба приобретает устойчивый запах «дуста», что может быть связано с накоплением фенолов, хлорфенолов и одорантов в тканях рыбы. Рекомендуются не ловить рыбу в застойных зонах водоемов,

в местах со слабой проточностью воды и в период интенсивного «цветения» воды.

Службы водоснабжения при обнаружении проблем с запахом питьевой воды традиционно делают упор на специальные методы борьбы с «цветениями» микроводорослей. Проведенный нами ранее обзор мирового опыта [1] показал, что на настоящий момент нет действенных методов по предотвращению «цветения» водоемов. Бороться с запахом питьевой воды следует известными техническими методами. Среди таких средств наиболее эффективным признается сорбционный метод дезодорации воды (с использованием порошковых сорбентов) [2]. При таком подходе службы водоснабжения могут оперативно принять меры по внедрению дополнительных средств очистки питьевой воды для жителей Приазовья.

Для своевременного предупреждения запаха в речной и эстуарной воде необходимо вести комплексный мониторинг изменений гидролого-гидрохимических и гидробиологических свойств водоемов, включая изменения солености воды, концентрацию биогенных веществ, количественные и качественные показатели развития фитопланктона.

Работа выполнена в рамках базовой темы НИР ИАЗ ЮНЦ РАН «Современное состояние и многолетняя изменчивость прибрежных экосистем южных морей России» (номер гос. регистрации 01201363187).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Матишов Г.Г., Ковалева Г.В. 2010. «Цветение» воды в водоемах юга России и сбои в водоснабжении (на примере г. Волгодонска). *Вестник Южного научного центра*. 6(1): 71–79
2. Гусев Е.Е. 2007. *Одорирующие вещества биологического происхождения в природных водах и способы их удаления при водоподготовке: Автореф. дисс. ... канд. техн. наук*. М., НИИ ВОДГЕО: 23 с.
3. Бутакова Е.А. 2013. Особенности одорирующих веществ (геосмина и 2-метилизоборнеола) как вторичных метаболитов цианобактерий. *Физиология растений*. 60(4): 537–540.
4. Jüttner F., Watson S.B. 2007. Minireview: Biochemical and Ecological Control of Geosmin and 2-Methylisoborneol in Source Waters. *Appl. Environ. Microbiol.* 73: 4395–4406.
5. Бекренев А.В., Русанова Л.П., Викторовский И.В., Воякин Е.Ю., Жаковская З.А., Кухарева Г.И., Хорошко Л.О., Чернова Е.Н. 2006. Возникновение запаха воды и его удаление на водонапорных станциях Санкт-Петербурга. *Водоснабжение и санитарная техника*. 9(1): 1721.
6. СанПиН 2.1.4.1074-01. 2002. *Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества*. М., Минздрав России: 103 с.
7. Иванова Н.А., Шарипова Л.А. 2006. Состояние фитопланктона Ижевского пруда в районе водозабора МУП города Ижевска «Ижводоканал» в 2002–2005 годах. *Вестник Удмуртского университета*. 10: 1724.
8. Вассер С.П., Кондратьева Р.В., Масюк Р.П. и др. 1989. *Водоросли. Справочник*. Киев, Наукова думка: 608 с.
9. Студеникина Е.И., Алдакимова А.Я., Губина Г.С. 1999. *Фитопланктон Азовского моря в условиях антропогенных воздействий*. Ростов н/Д, Эверест: 175 с.
10. Ковалева Г.В. 2008. Фитопланктон Азовского моря и прилегающих водоемов. В кн.: *Азовское море в конце XX – начале XXI веков: геоморфология, осадконакопление, пелагические сообщества*. Т. X. Апатиты, изд-во КНЦ РАН: 134–223.
11. 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 (9–13 июня 2008 г., г. Ростов-на-Дону). Ростов н/Д, изд-во ЮНЦ РАН: 174–192.
12. Матишов Г.Г., Бердников С.В. 2015. Экстремальное затопление дельты Дона весной 2013 г. *Известия Российской академии наук. Серия географическая*. (1): 111–118.
 13. Матишов Г.Г. 2015. Керченский пролив и Дельта Дона: безопасность коммуникаций и населения. *Вестник Южного научного центра*. 11(1): 6–15.
 14. Еланская И., Карандашова И., Хагеманн М. 2006. Молекулярные механизмы устойчивости к солевому стрессу у цианобактерии *Synechocystis* sp. PCC 6803. *Вестник Московского университета. Серия 16. Биология*. (4): 8–12.
- REFERENCES
1. Matishov G.G., Kovaleva G.V. 2010. [Algal bloom in reservoirs of the South of Russia and water supply malfunctions (by the example of the city of Volgodonsk)]. *Vestnik Yuzhnogo Nauchnogo Tsentra*. 6(1): 71–79. (In Russian).
 2. Gusev E.E. 2007. *Odoriruyushchie veshchestva biologicheskogo proiskhozhdeniya v prirodnykh vodakh i sposoby ikh udaleniya pri vodopodgotovke. Avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk. [Odour-producing substances of biological origin in natural waters and methods for their removal during water treatment. PhD Thesis Abstract]*. Moscow, NII VODGEO: 23 p. (In Russian).
 3. Butakova E.A. 2013. [Specific features of odour-producing compounds (geosmin and 2-metilizoborneola) as the secondary metabolites of cyanobacteria]. *Fiziologiya rasteniy*. 60(4): 537–540. (In Russian).
 4. Jüttner F., Watson S.B. 2007. Minireview: Biochemical and Ecological Control of Geosmin and 2-Methylisoborneol in Source Waters. *Appl. Environ. Microbiol.* 73: 43954406. (In Russian).
 5. Bekrenev A.V., Rusanova L.P., Viktorovskiy I.V., Voyakin E.Yu., Zhakovskaya Z.A., Kukhareva G.I., Khoroshko L.O., Chernova E.N. 2006. [The appearance of the smell of water and its removal at the water pumping stations of St. Petersburg]. *Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika*. 9(1): 17–21. (In Russian).
 6. SanPiN 2.1.4.1074-01. 2002. *Pit'evaya voda. Gigienicheskie trebovaniya k kachestvu vody tsentralizovannykh sistem pit'evogo vodosnabzheniya. Kontrol' kachestva. [Drinking water. Hygienic requirements for water quality of centralized drinking water supply systems. Quality control]*. Moscow, Russian Ministry of Health: 103 p. (In Russian).
 7. Ivanova N.A., Sharipova L.A. 2006. [Phytoplankton of Izhevsk pond near the water intake of the city of Izhevsk MUP "Izhvodokanal" in 2002–2005]. *Vestnik Udmurtskogo Universiteta*. (10): 17–24. (In Russian).
 8. Vasser S.P., Kondrat'eva R.V., Masyuk R.P. 1989. *Vodorosli. Spravochnik. [Algae. Guide]*. S.P. Vasser (Ed.). Kiev, Naukova dumka Publishers: 608 p. (In Russian).
 9. Studenikina E.I., Aldakimova A.Ya., Gubina G.S. 1999. *Fitoplankton Azovskogo morya v usloviyakh antropogennykh vozdeystviy. [Phytoplankton of the Sea of Azov under anthropogenic impacts]*. Rostov-on-Don, Everest Publishers: 175 p. (In Russian).
 10. Kovaleva G.V. 2008. [Phytoplankton of the Sea of Azov and adjacent waters]. In: *Azovskoe more v kontse XX – nachale XXI vekov: geomorfologiya, osadkonakoplenie, pelagicheskie soobshchestva. Tom X. [The Sea of Azov at the end of the 20th – beginning of the 21st century: geomorphology, sedimentation, pelagic community. Vol. 10]*. G.G. Matishov (Ed.). Apatity, KSC RAS Publishers: 134–223. (In Russian).
 11. Kovaleva G.V. 2008. [Check-list of benthic and plankton microalgae of a coastal part of the Sea of Azov and adjoining reservoirs]. In: *Sovremennye problemy al'gologii: Materialy mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii i VII Shkoly po morskoy biologii (9–13 iyunya 2008 g., Rostov-na-Donu). [Modern Problems of Algology: Materials of the International Scientific Conference and VII th Marine Biology School (June 9–13, 2008, Rostov-on-Don)]*. G.G. Matishov (Ed.). Rostov-on-Don, SSC RAS Publishers: 174–192. (In Russian).
 12. Matishov G.G., Berdnikov S.V. 2015. [Extreme flooding of the Don Delta in the spring of 2013]. *Izvestiya Rossiyskoy akademii nauk. Seriya geograficheskaya*. (1): 111–118. (In Russian).
 13. Matishov G.G. 2015. [The Kerch Strait and the Don Delta: the security of communications and population]. *Vestnik Yuzhnogo Nauchnogo Tsentra*. 11(1): 6–15. (In Russian).
 14. Elanskaya I., Karandashova I., Hagemann M. 2006. [Molecular mechanisms of resistance to salt stress in cyanobacteria *Synechocystis* sp. PCC 6803]. *Vestnik Moskovskogo Universiteta. Seriya 16. Biologiya*. (4): 8–12. (In Russian).

Поступила 30.11.2015