

УДК: 574.586(262.54)
DOI: 10.7868/S25000640210306

РАЗВИТИЕ *SPIROGYRA* SP. НА РЫБОЛОВНЫХ СЕТЯХ В ТАГАНРОГСКОМ ЗАЛИВЕ В УСЛОВИЯХ ПОВЫШЕННОЙ СОЛЕННОСТИ

© 2021 г. Академик Г.Г. Матишов^{1,2}, Г.Ю. Глущенко¹,
Г.В. Ковалёва¹, Е.Г. Алёшина¹, И.А. Мельников¹

Аннотация. С начала XXI века Азово-Донской бассейн испытывает влияние процессов маловодья, что приводит к заполнению дельты Дона и прилегающей акватории Таганрогского залива Азовского моря нетипичными слабосолеными и солоноватыми водами. В результате этого происходит трансформация термохалинной, трофической и биоценотической структуры водоема, деградация ихтиофауны, коренная перестройка как в планктонных, так и в бентосных сообществах. Все чаще последствия указанных трендов имеют масштабы опасного природного явления.

Описано новое для водоема явление – обрастание рыболовных сетей нитчатými водорослями из рода *Spirogyra* в восточной, мелководной, части Таганрогского залива. В литературе отсутствуют данные о присутствии *Spirogyra* в обрастаниях исследуемого водоема. Изучение образцов, которые были собраны в мае 2021 г., показало, что морфологические признаки фертильных нитей спирогиры соответствовали описанию *Spirogyra* cf. *decimina*. Помимо *S. decimina* на основе морфологических отличий вегетативных талломов выделены еще две морфы. Приведены результаты качественного анализа и количественной оценки макроводорослевых обрастаний рыболовных сетей, а также микрофотографии различных стадий развития исследуемых водорослей. Перечислены основные факторы среды, вызывающие массовое развитие представителей рода *Spirogyra*, и проанализированы гидрологические условия Таганрогского залива, на фоне которых происходило интенсивное развитие водорослей на сетях.

Ключевые слова: нитчатые водоросли, *Spirogyra*, обрастания рыболовных сетей, Таганрогский залив, Азовское море, осолонение.

PROLIFERATION OF *SPIROGYRA* SP. ON THE FISHING NETS IN THE TAGANROG BAY UNDER THE CONDITIONS OF HIGH SALINITY

Academician RAS G.G. Matishov^{1,2}, G.Yu. Glushchenko¹,
G.V. Kovaleva¹, E.G. Alyoshina¹, I.A. Melnikov¹

Abstract. Since the beginning of the 21st century, the Sea of Azov – Don Basin has been affected by low-water processes, which lead to the filling of the Don Delta and the adjacent water area of the Taganrog Bay of the Sea of Azov with atypical slightly salty and brackish waters. As a result, there is a transformation of the thermohaline, trophic, and biocenotic structure of the reservoir, degradation of the ichthyofauna, and radical restructuring in both planktonic and benthic biotopes. The consequences of these trends more often have the scale of a dangerous natural phenomenon. This paper describes a new phenomenon for the reservoir – the fouling of fishing nets with filamentous algae from the genus *Spirogyra* in the eastern shallow part of the Taganrog Bay. In the published sources, there is no data on the presence of *Spirogyra* in the fouling of the studied reservoir. The study of samples collected in May 2021 indicated that the morphological features of spirogyra fertile filaments

¹ Федеральний 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: matishov_ssc-ras@ssc-ras.ru

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

corresponded to the description of *Spirogyra* cf. *decimina*. In addition to *S. decimina*, two more morphs are distinguished based on the morphological differences of vegetative thallome. The paper presents the results of qualitative analysis and quantitative assessment of macroalgae fouling of fishing nets, as well as micrographs of various stages of development of the studied algae. The article lists the main environmental factors that cause the mass development of representatives of the genus *Spirogyra* and analyzes the hydrological conditions of the Taganrog Bay with the intensive proliferation of algae on the nets.

Keywords: filamentous algae, *Spirogyra*, fouling of fishing nets, Taganrog Bay, Sea of Azov, salinization.

ВВЕДЕНИЕ

В начале XXI века Азово-Донской бассейн стал испытывать влияние маловодья, в результате чего произошло заполнение дельты Дона и прилегающей акватории Таганрогского залива нетипичными (до 3–7 ‰) слабосолеными и солоноватыми водами [1–3]. Это стало причиной того, что в восточной части залива усилилось заиливание и заболачивание водоема, произошла трансформация термохалинной, трофической и биоценотической структуры водоема [3]. На фоне этих процессов происходила деградация ихтиофауны, выражающаяся в резком сокращении численности ранее промысловых рыб и преобладании в уловах рыб-вселенцев (пиленгас, серебряный карась, амурский чебачок и др.). Коренная перестройка происходит как в планктонных, так и в бентосных сообществах [4; 5].

Последствия указанных трендов принимают масштабы опасного природного явления: в водоеме все чаще стали фиксировать «цветение» воды и присутствие видов-вселенцев. Ранее было описано явление [6], когда с июля по октябрь 2015 г. многие жители Таганрога, Азова, с. Кагальник и других населенных пунктов, расположенных на берегу Таганрогского залива, замечали, что с его акватории периодически доносился неприятный запах, напоминающий запах дуста. Мясо промысловых рыб становилось непригодным в пищу. Выделение одорантов (запах дуста) связано с появлением в кутовой части Таганрогского залива микроводорослей *Planktothrix agardhii* (Gomont) Anagn. et Kom. и *Nodularia spumigena* Mertens. В условиях аномального повышения солености вод Таганрогского залива (2–5 ‰) происходило массовое отмирание микроводорослей, и продукты разложения их биомассы могли выделять в окружающую среду разнообразные органические соединения, в том числе и одоранты [6].

В середине марта 2021 г. во время ежедневного контроля орудий рыболовного промысла было

зафиксировано новое для Азовского моря явление – в кутовой части Таганрогского залива было отмечено обильное обрастание сетей нитчатой водорослью из рода *Spirogyra*. В проведенных ранее исследованиях обрастаний природных и антропогенных субстратов в Азовском море [7–10] сведений о присутствии спирогиры в перифитоне нет.

Массовое развитие спирогиры оказывает негативное влияние на рыболовство. Когда этой водорослью полностью зарастают рыболовные сети и вентера, снижается эффективность промысла, ее избыток может вызывать заморы [11] и усиление эвтрофикации прибрежной зоны. Распространение в прибрежье нитчатых водорослей давно стало бедствием для Восточного Каспия [11; 12], озера Байкал [13], Финского залива Балтийского моря [14] и даже получило собственное название «зеленые приливы».

Цель работы – дать краткую характеристику новому явлению, отмеченному в восточной, мелководной, части Таганрогского залива, задачи – описать гидрологические условия среды, при которых было выявлено массовое развитие представителей рода *Spirogyra* в обрастаниях сетей, а также дать количественную оценку развития этих водорослей.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Материалом для качественного анализа послужили образцы, отобранные 2, 6 и 21 мая 2021 г. с полиамидных рыболовных сетей в восточной, мелководной, части Таганрогского залива Азовского моря (47°02.346' с.ш., 39°15.197' в.д. – район с. Круглое, Ростовская область) (рис. 1).

Для количественной оценки обрастаний 21 мая 2021 г. были взяты пробы в виде вырезанных фрагментов (25 × 25 см, с общей площадью поверхности, равной 2,88 м²) рыболовной сети, находившейся в водоеме 3,5 суток. Фрагменты сети подсушивали на воздухе, маркировали и транспортировали в лабораторию. В камеральных условиях с сетей счищали растительные обрастания, досу-

шивали до постоянного веса в сушильном шкафу при температуре 105 °С и взвешивали с точностью до 0,01 мг [15]. Параллельно были отобраны образцы для расчета переводного коэффициента сырого веса водорослей по разнице веса до и после сушки.

Изучение образцов обрастаний проводили с использованием световых микроскопов «Микмед-5» и «Leica DME». Измерение размеров клеток и микрофотографии изготавливали с помощью цифровой камеры «Leica EC3». Во время отбора количественных образцов были взяты пробы на ионный состав воды и произведены измерения электропроводности, в дальнейшем переведенной в соленость, и температуры воды зондом CTD-60. Для описания гидрологической обстановки в водоеме в марте – мае 2021 г. были использованы непрерывные ряды данных температуры и электропроводности воды с гидрометеопостов Южного научного центра Российской академии наук (ЮНЦ РАН) в с. Кагальник и х. Донской (Азовский район, Ростовская область). Данные, получаемые по каналам спутниковой и сотовой связи каждые 10 минут, передаются на сервер с последующим представлением на сайте <http://meteo.ssc-ras.ru>.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В конце марта 2021 г. в восточной, мелководной, части Таганрогского залива на рыболовных сетях стали наблюдать массовое развитие нитчатых водорослей зеленого цвета. Их присутствие продолжалось до конца мая 2021 г. Исследование образцов с использованием светового микроскопа показало, что обрастания сформированы водорослями из рода *Spirogyra*. В результате количественного анализа выявили, что биомасса спирогиры (из образца, отобранного 21 мая 2021 г.) достигала 7,8 г/м². Учитывая, что в этот период развитие *Spirogyra* уже шло на спад, можно предположить, что на пике вегетации биомасса спирогиры была значительно выше. По визуальным оценкам ихтиологов, максимальная концентрация нитчатых водорослей на сетном полотне формировалась в конце апреля – начале мая. Наибольшую их плотность (биомассу) на сетях отмечали при ветрах восточных румбов и снижении уровня воды до 1 м.

По данным стационарных наблюдений на гидрометеопостах ЮНЦ РАН в кутовой части залива, весной 2021 г. соленость воды изменялась от 0,9 ‰ (пресная) до 2,5–3,5 ‰ (слабосоленая), периодически отмечалась даже солоноватая (до 4–7 ‰).



Рис. 1. Карта-схема места отбора проб в восточном районе Таганрогского залива (станция 1) и дельте р. Дон (станция 2).

Fig. 1. Map with the sampling site in the Eastern Taganrog Bay (Station 1) and the Don River delta (Station 2).

Повышенный фон солености в заливе сочетался с прохладной погодой, относительно невысокой для весны температурой воды (как на поверхности, так и у дна). Во время отбора образцов общая минерализация в районе установки сетей составляла: в кутовой части залива (станция 1) – 1,6 г/л, в дельте р. Дон (станция 2) – 1,3 г/л (табл. 1).

На затянувшийся весенний прогрев взморья в 2021 г. (в сравнении с данными, зафиксированными на гидрометеопостах ЮНЦ РАН в предыдущие годы) указывает температурный ряд: от 10–13 °С во второй половине апреля до 14–18 °С в конце месяца. К концу мая по мере прогрева водных масс на акватории от Павлоочаковской косы до края дельты (от 22–24 °С на поверхности до 19–20 °С у дна) нитчатые водоросли стали исчезать.

Точная идентификации представителей рода *Spirogyra* до вида затруднена в связи с тем, что в природном материале не всегда удается наблюдать половой процесс, а именно его особенности признаны надежными систематическими признаками. У образцов, отобранных 2 и 6 мая 2021 г., фертильных стадий обнаружено не было. В пробах, собранных 21 мая, удалось обнаружить несколько талломов на разной стадии конъюгации и образование зигоспор (рис. 2).

По морфологическим признакам вегетативных клеток, лестничному типу конъюгации и эллипсоидным зигоспорам (табл. 2, рис. 2а–г) основной вид обрастаний соответствует описанию *Spirogyra* cf. *decimina* (Müll.) Kütz [12; 16]. У некоторых нитей *Spirogyra* cf. *decimina* были отмечены талломы с большими размерами вегетативных клеток и большим количеством оборотов спирали хроматофоров (табл. 2). Среди сопутствующих талломов, отлича-

Таблица 1. Ионный состав воды, отобранной 17 и 21 мая 2021 г. в кутовой части Таганрогского залива (станция 1) и в дельте р. Дон (станция 2)

Table 1. Ionic composition of water collected on the 17th and 21st of May 2021 in the Taganrog Bay (Station 1) and in the Don River delta (Station 2)

Химические элементы Chemical elements	Станция 1 Station 1 17.05.2021	Станция 1 Station 1 21.05.2021	Станция 2 Station 2 21.05.2021
Cl ⁻ , ммоль/л / mmol/L	9,4	7,8	5,2
Cl ⁻ , мг/л / mg/L	333,2	276,5	184,3
HCO ₃ ⁻ , ммоль/л / mmol/L	4,0	4,8	3,9
HCO ₃ ⁻ , мг/л / mg/L	241,6	295,3	236,8
SO ₄ ²⁻ , ммоль/л / mmol/L	10,0	10,0	9,6
SO ₄ ²⁻ , мг/л / mg/L	480,3	480,3	461,1
Жесткость, ммоль/л / Hardness, mmol/L	9,2	9,0	8,4
Ca ²⁺ , ммоль/л / mmol/L	4,4	4,6	4,4
Ca ²⁺ , мг/л / mg/L	88,2	92,2	88,2
Mg ²⁺ , ммоль/л / mmol/L	4,8	4,4	4,0
Mg ²⁺ , мг/л / mg/L	58,4	53,5	48,6
Na ⁺ + K ⁺ , ммоль/л / mmol/L	14,2	13,6	10,3
Na ⁺ + K ⁺ , мг/л / mg/L	354,0	341,0	257,0
Общая минерализация, г/л / Total ionic concentration, g/L	1,6	1,6	1,3

ющихся размерами клеток и типом клеточных перегородок, были выделены еще 2 морфы (или вида) *Spirogyra* (табл. 2, рис. 2*д–и*).

У одной морфы, со складчатой клеточной перегородкой (морфа 1), была зафиксирована лестничная конъюгация (рис. 2*е–ж*), но зигоспоры обнаружены не были, что не позволяет точно определить ее видовую принадлежность. Талломы с аналогичной складчатой клеточной перегородкой, но меньшей толщиной вегетативных клеток были отнесены нами к морфе 2 (рис. 2*з–и*).

ОБСУЖДЕНИЕ

Представители рода *Spirogyra* Link, 1820 – нитчатые макроскопические водоросли, широко распространенные преимущественно в пресных водах, но встречаются и в прибрежных участках морей с низкой соленостью [16]. Несмотря на то, что *Spirogyra* является одним из самых распространенных таксонов макроводорослей, населяющих все континенты, данные об экологических свойствах и особенностях биологии этих водорослей считаются довольно слабо изученными. Это обусловлено трудностями, связанными с видовой идентификацией, требующей наличия у образцов фертильных стадий (форма, цвет, орнамент зигоспор и тип конъюгации нитей) [14; 16], которые в природных условиях встречаются довольно редко [14; 17]. Морфология вегетативных нитей (строение клеточ-

ных стенок, ширина клеток и число хлоропластов) не является надежным систематическим видовым признаком, поскольку клетки с разными морфологическими признаками могут принадлежать одному и тому же виду и происходить из одной и той же нити вследствие полиплоидии [14]. Очень часто при идентификации по морфологическим признакам вегетативных клеток в одной пробе может насчитываться до 15 разных видов *Spirogyra*, которые на самом деле являются формами (морфами) одного и того же вида. Кроме того, в популяциях *Spirogyra* под воздействием внешних факторов весьма часто возникают различные мутации [14; 18], что позволяет идентифицировать спирогиру только до уровня рода.

В нашем исследовании удалось обнаружить надежные диагностические признаки только у одного вида – *Spirogyra* cf. *decimina*, который, как известно по литературным данным [12; 16], является галофильным, широко распространенным, эврибионтным, полиморфным видом и обитает в стоячих и текучих водах. Обнаруженные две другие морфы *Spirogyra* также выдерживают колебания солености, отмеченные в заливе.

Что касается температурных предпочтений, представители рода *Spirogyra* вегетируют при температуре от 2 до 35 °С, но лучше всего растут при температуре от 15 до 25 °С [14]. Массовое развитие макроводорослей обычно начинается весной, вскоре после таяния льда, и резко прекращается

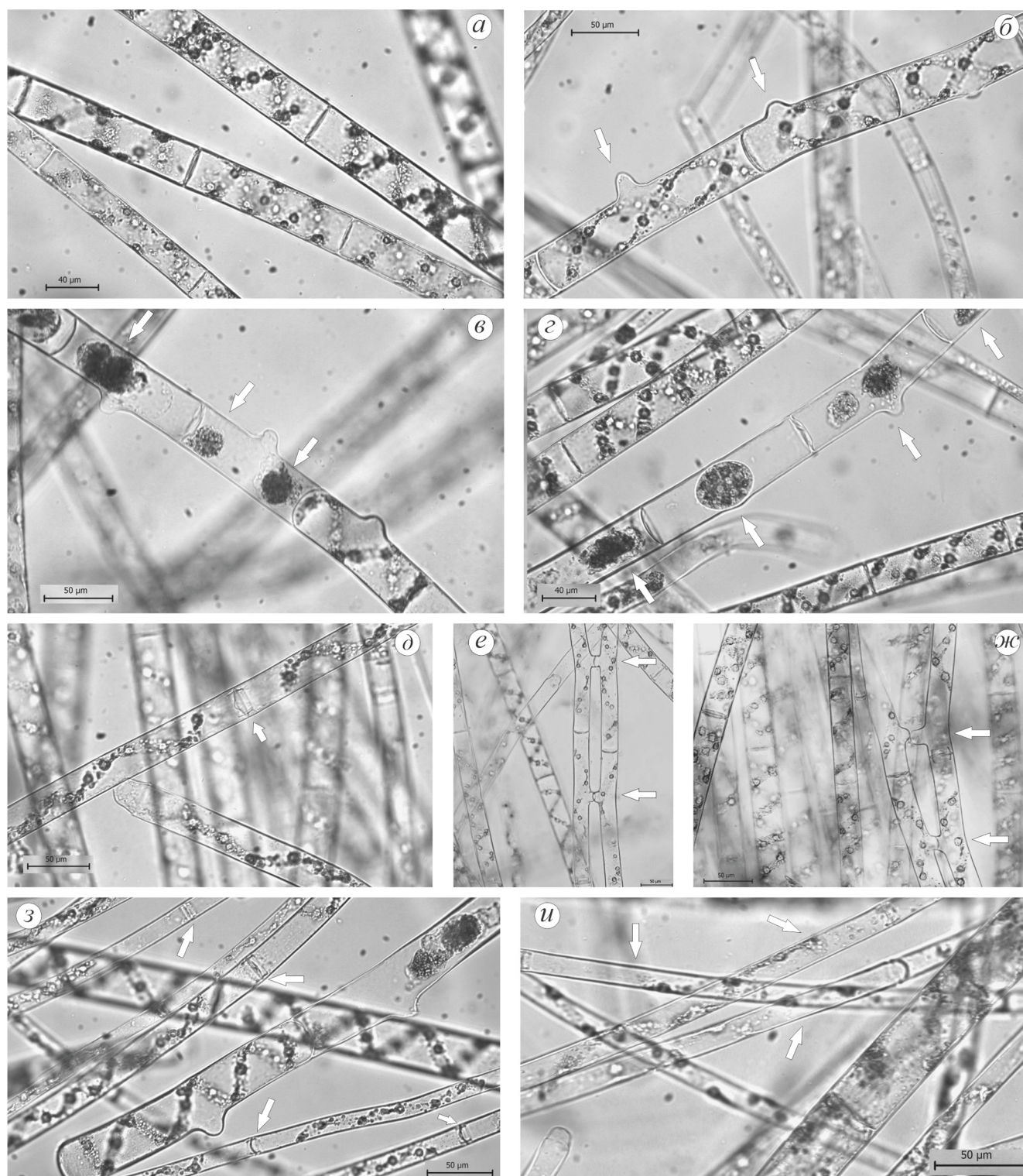


Рис. 2. Талломы *Spirogyra* с разными стадиями конъюгации из образца, отобранного 21.05.2021 г.: *a-e* – *Spirogyra* cf. *decimina*: *a* – вегетативный таллом, *б* – начало конъюгации, *в* – начало формирования зигоспор, *г* – финальная стадия формирования зигоспор; *д-ж* – морфа 1: *д* – вегетативные клетки со складчатой перегородкой, *е-ж* – лестничная конъюгация; *з-и* – морфа 2.

Fig. 2. Thallome of *Spirogyra* with different conjugation stages from the sample collected on the 21st of May 2021: *a-e* – *Spirogyra* cf. *decimina*: *a* – vegetative thallomes, *б* – beginning of conjugation, *в* – beginning of zygospore formation, *г* – final stage of zygospore formation; *д-ж* – morph 1: *д* – vegetative cells with folded septum, *е-ж* – ladder conjugation; *з-и* – morph 2.

Таблица 2. Морфометрические данные талломов *Spirogyra* из образца, отобранного 21.05.2021 г.
Table 2. Morphometric data of *Spirogyra* thallomes from the sample collected on the 21st of May 2021

Таксономические признаки Taxonomical features	Таксон Taxon			
	<i>Spirogyra</i> cf. <i>decimina</i>	<i>Spirogyra</i> cf. <i>decimina</i> *	Морфа 1 Morph 1	Морфа 2 Morph 2
Ширина клеток (мин./макс.), мкм Cell width (min / max), μm	25,5–38,9	29,5–45,8	15,1–27,5	9,8–15,3
Длина клеток (мин./макс.), мкм Cell length (min / max), μm	61–183	152–275	191–566	98–590
Характер клеточной перегородки Cell septum type	гладкие smooth	гладкие smooth	складчатые folded	складчатые folded
Количество оборотов спирали хлоропласта Number of turns of the chloroplast spiral	до 4 up to 4	до 8 up to 8	до 9 up to 9	до 6–8 up to 6–8
Ширина зигоспоры, мкм Zygospore width, μm	31,1–31,3	–	–	–
Длина зигоспоры, мкм Zygospore length, μm	43,4–51,1	–	–	–

Примечание. * – размеры превышают значения, указанные в диагнозе.

Note. * – dimensions that exceed the values specified in the diagnosis.

после достижения пика в начале или середине лета. Многие авторы отмечают, что одними из основных факторов, вызывающих прекращение роста *Spirogyra*, являются слишком высокая температура воды (выше 25 °C) и исчерпание запасов элементов минерального питания. В то же время при выращивании *Spirogyra* spp. в культуре оптимальная температура для фотосинтеза составила 35 °C, но максимальный чистый фотосинтез *Spirogyra* spp. наблюдали все же при температуре 25 °C и световом потоке 1500 мкмоль м⁻² · с⁻¹ [14]. Сложно однозначно утверждать, что прогревание воды выше 25 °C критично для вегетации спирогиры, но, по нашим наблюдениям, прекращение роста макроводорослей в Таганрогском заливе произошло при прогреве воды до 24 °C.

Многие авторы указывают (цит. по [14]), что *Spirogyra* не переносит высокой скорости перемешивания воды и развивается на относительно закрытых от ветра участках озер и рек или в прибрежных участках морей с низкой волновой активностью, на глубинах ниже зоны сильного воздействия волн. Поскольку макроводоросли имеют существенно меньшие удельные скорости роста и потребления элементов минерального питания по сравнению с фитопланктоном, то в условиях активного волнового перемешивания они уступают в конкуренции планктонным макроводорослям.

В то же время умеренное перемешивание необходимо для обеспечения спирогиры элементами минерального питания и удаления отмерших клеток. Особенности кутовой части Таганрогского залива в условиях снижения стока р. Дон приводят к кардинальному перестроению термохалинной структуры залива и уменьшению «турбулентного» и «смешанного» типов стратификации его вод [2]. Вероятно, именно эти факторы были благоприятными для развития представителей *Spirogyra* в Таганрогском заливе.

Еще одним фактором, вызывающим бурное развитие *Spirogyra* spp., многие исследователи считают эвтрофирование [14]. Несмотря на то, что рост этих водорослей лимитирован фосфором, большинство авторов полагает, что бурный рост *Spirogyra* стимулируется потоками азота антропогенного происхождения, поступающими через донные отложения и сточные воды. Существенными антропогенными источниками поступления азота как непосредственно в прибрежные воды морей, так и на водосборную территорию впадающих в море рек являются удобряемые сельхозугодья, молочные фермы, животноводческие комплексы, верфи и рекреационная деятельность (туризм) [14]. Считается, что развитие популяции спирогиры стимулируется непрерывным поступлением небольшого количества минерального питания в отличие от планктонных

микроводорослей, чье массовое развитие провоцируется залповым вбросом высоких концентраций. Кроме того, виды рода *Spirogyra* способны запасать азот, что обеспечивает их большую биомассу даже при снижении концентрации этого микроэлемента [14]. Азовское море (и особенно Таганрогский залив) является высокопродуктивным водоемом, характеризующимся повышенным содержанием органического вещества и биогенных элементов [19], и в настоящее время данный статус сохраняется [20]. Этот фактор также мог способствовать интенсивному развитию спирогиры.

В качестве еще одного из важных условий появления «зеленых приливов» является наличие в достаточном количестве «семенного материала» – зигоспор. В пересыхающих водоемах, в которых *Spirogyra* spp. начинают бурно размножаться после заполнения водоемов водой, восстановление популяции происходит именно из зигоспор, поскольку вегетативные нити этих водорослей не переносят даже получасового высыхания и ультрафиолетового облучения [14]. Из этого можно сделать неутешительный вывод о том, что, появившись в водоеме единожды, массовые обрастания *Spirogyra* могут стать регулярным явлением. Учитывая, что нами зафиксировано образование зигоспор, вероятность того, что из перезимовавших зигоспор сформируется новая популяция спирогиры, очень велика.

Что касается пищевой ценности спирогиры, то существуют противоречивые данные. Некоторые авторы констатируют, что виды рода *Spirogyra* практически не употребляются в пищу животными-альгофагами, другие, напротив, приводят данные о ее поедании брюхоногими моллюсками и рыбами [14].

Причины возникновения и прекращения массового развития водорослей *Spirogyra* spp. в Таганрогском заливе пока малопонятны и труднообъяснимы, а спрогнозировать, повторится ли это явление в будущем, и если повторится – что может стать причиной, в настоящее время не представляется возможным. Вполне вероятно, что длительное маловодье р. Дон, приведшее к увеличению минерализации вод залива и смещению границы раздела пресных и морских вод [1], могло способствовать освобождению какой-либо из экологических ниш в водном сообществе и стремительному размножению *Spirogyra*. Еще одним фактором, стимулирующим массовое развитие спирогиры, могли стать частые сгонно-нагонные явления, которые приводят к взмучиванию донных отложений и дополнительно-

му обогащению водной толщи органическими веществами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Впервые для Таганрогского залива приведены сведения о развитии представителей рода *Spirogyra*, описаны гидролого-гидрохимические условия среды, при которых оно было отмечено. Таким образом, дополнены сведения об экологии, географии и биологии данного рода, не зарегистрированного до этого во флоре перифитона Азовского моря.

В ходе исследования были проанализированы образцы макроводорослевых обрастаний, морфологические признаки которых соответствовали описаниям *S. decimina* [12; 16], и отмечены еще две морфы, идентифицируемые только по морфологическим признакам. Видовая идентификация *S. decimina* была проведена на основе морфологии фертильных стадий. Во время работы были получены микрофотографии разных стадий развития *S. decimina* и двух морф. Исследование показало, что развитие спирогиры пришлось на весенние месяцы. Его начало было отмечено в марте, при температуре воды от 10–13 до 14–18 °С, и закончилось в конце мая, при прогреве водных масс до 22–24 °С.

В дальнейшем предстоит провести более подробные исследования причин появления спирогиры в Таганрогском заливе, чтобы ответить на вопросы: каково место этой водоросли в биогеоценозе залива, закрепится ли она в сообществе и как будет проходить ее адаптация к внешним факторам среды.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают благодарность сотрудникам научно-экспедиционной базы «Кагальник» ЮНЦ РАН (Азовский район Ростовской области) за помощь в отборе материала, с.н.с. Института океанологии РАН им. П.П. Ширшова Ф.В. Сапожникову за оказанную консультацию и ценные рекомендации, а также сотрудникам лаборатории гидрологии и гидрохимии ЮНЦ РАН А.Ю. Московцу и К.С. Григоренко за любезно предоставленные данные по абиотическим параметрам водоема. Работа выполнена в рамках реализации ГЗ НИР ЮНЦ РАН № АААА-А18-118122790121-5, проектов РФФИ № 18-05-80010 (Г.В. Ковалёва) и № 18-29-05078 мк, проекта РГО № 07/2020-И от 11.05.2020.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Матишов Г.Г., Григоренко К.С. 2017. Причины осолонения Таганрогского залива. *Доклады академии наук*. 477(1): 92–96. doi: 10.7868/S086956521731019X
2. Матишов Г.Г., Григоренко К.С. 2020. Динамический режим Азовского моря в условиях осолонения. *Доклады академии наук*. 492(1): 107–112. doi: 10.31857/S268673972005014X
3. Матишов Г.Г., Дашкевич Л.В., Титов В.В., Кириллова Е.Э. 2021. Анализ внутривековой природной изменчивости в Приазовье и на Нижнем Дону: причина маловодья. *Наука Юга России*. 17(1): 13–23. doi: 10.7868/S25000640210102
4. Матишов Г.Г., Степаньян О.В. 2018. Научно-исследовательское судно «Денеб»: 10 лет морских научных исследований. *Морской гидрофизический журнал*. 34(6): 548–555. doi: 10.22449/0233-7584-2018-6-548-555
5. Ковалёва Г.В. 2020. Проблема «цветения» воды в Азовском море. В кн.: *Труды Южного научного центра Российской академии наук. Т. VIII: Моделирование и анализ опасных природных явлений в Азовском регионе*. Ростов н/Д, изд-во ЮНЦ РАН: 122–148. doi: 10.23885/1993-6621-2020-8-122-148
6. Матишов Г.Г., Ковалева Г.В., Ясакова О.Н. 2016. Аномальное осолонение в Таганрогском эстуарии и дельте Дона. *Наука Юга России*. 12(1): 43–50.
7. Борисюк М.В. 2002. Видовой состав фитоперифитона Таганрогского залива Азовского моря. *Альгология*. 12(4): 408–420.
8. Ковалёва Г.В. 2000. Видовой состав и сезонная динамика перифитонных микроводорослей в опресненной зоне Таганрогского залива. В кн.: *Закономерности океанографических и биологических процессов в Азовском море*. Апатиты, изд-во КНЦ РАН: 219–227.
9. Липницкая Г.П., Третьяк Е.Л. 1999. К изучению микрофитоперифитона шельфа Азовского моря. *Альгология*. 9(2): 74–75.
10. Парталы Е.М. 2001. Горизонтальная структура биоценоза морского обрастания Таганрогского залива Азовского моря. *Океанология*. 41(5): 751–754.
11. Абдусаматов А.С., Абдурахманов Г.М., Дохтукаева А.М., Дудурханова Л.А. 2011. Гидробиологическая характеристика основных рыбохозяйственных водоемов Западно-Каспийского региона (фитопланктон). *Юг России: экология, развитие*. 6(3): 37–49.
12. Прошкина-Лавренко А.И., Макарова И.В. 1968. *Водоросли планктона Каспийского моря*. Л., Наука: 295 с.
13. Тимошкин О.А., Бондаренко Н.А., Волкова Е.А., Томберг И.В., Вишняков В.С., Мальник В.В. 2014. Массовое развитие зеленых нитчатых водорослей родов *Spirogyra* и *Stigeoclonium* (Chlorophyta) в прибрежной зоне Южного Байкала. *Гидробиологический журнал*. 50(5): 15–26.
14. Gladyshev M.I., Gubelit Y.I. 2019. green tides: new consequences of the eutrophication of natural waters (invited review). *Contemporary Problems of Ecology*. 12(2): 109–125. doi: 10.1134/S1995425519020057
15. Соловьева В.В., Лапиров А.Г. 2013. *Гидробиотаника: учебник для высших учебных заведений*. Самара, ПГСГА: 354 с.
16. Рундина Л.А. 1998. Зигнемовые водоросли России (Chlorophyta: Zygnematomyceae, Zygnematales). СПб., Наука: 351 с.
17. Волкова Е.А. 2018. Жизненный цикл *Spirogyra decimina* var. *juergensii* (Kütz.) O.V. Petlovanу из озера Байкал. *Вопросы современной альгологии*. 1(16): 1–7. doi: 10.33624/2311-0147-2018-1(16)-1-7
18. Hainz R., Wober C., Schagerl M. 2009. The relationship between *Spirogyra* (Zygnematomyceae, Streptophyta) filament type groups and environmental conditions in Central Europe. *Aquatic Botany*. 91(3): 173–180. doi: 10.1016/j.aquabot.2009.05.004
19. *Азовское море в конце XX – начале XXI веков: геоморфология, осадконакопление, пелагические сообщества. Т. X*. 2008. Апатиты, КНЦ РАН: 295 с.
20. Сорокина В.В., Бердников С.В. 2018. Биогенная нагрузка Дона и Кубани на экосистему Азовского моря. *Водные ресурсы*. 45(6): 670–684. doi: 10.1134/S0321059618060147

REFERENCES

1. Matishov G.G., Grigorenko K.S. 2017. Causes of salinization of the Gulf of Taganrog. *Doklady Earth Sciences*. 477(1): 1311–1315. doi: 10.1134/S1028334X17110034
2. Matishov G.G., Grigorenko K.S. 2020. Dynamic mode of the Azov Sea in conditions of salinization. *Doklady Earth Sciences*. 492(1): 376–381. doi: 10.1134/S1028334X20050141
3. Matishov G.G., Dashkevich L.V., Titov V.V., Kirillova E.E. 2021. [Analysis of intracentury environmental variability in the Sea of Azov and Lower Don regions: the cause of low water period]. *Nauka Yuga Rossii*. 17(1): 13–23. (In Russian). doi: 10.7868/S25000640210102
4. Matishov G.G., Stepanyan O.V. 2018. Research vessel Deneb: 10 years of marine scientific research. *Physical Oceanography*. 25(6): 501–508. doi: 10.22449/1573-160X-2018-6-501-508
5. Kovaleva G.V. 2020. [The problem of “blooming” water in the Sea of Azov]. In: *Trudy Yuzhnogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk. Tom VIII: Modelirovanie i analiz opasnykh prirodnnykh yavleniy v Azovskom regione*. [Proceedings of the Southern Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences. Vol. VIII: Modeling and analysis of natural hazards in the Azov region]. Rostov-on-Don, Southern Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences: 122–148. (In Russian). doi: 10.23885/1993-6621-2020-8-122-148
6. Matishov G.G., Kovaleva G.V., Yasakova O.N. 2016. [Anomalous high salinity in the Taganrog Bay estuary and the Don delta]. *Nauka Yuga Rossii*. 12(1): 43–50. (In Russian).
7. Borisjuk M.V. 2002. [Species composition of the phytoperiphyton of the Taganrog Bay of the Sea of Azov]. *Al'gologiya*. 12(4): 408–420. (In Russian).
8. Kovaleva G.V. 2000. [Species composition and seasonal dynamics of periphyton microalgae in the desalinated zone of the Taganrog Bay]. In: *Zakonovernosti okeanograficheskikh i biologicheskikh protsessov v Azovskom more*. [Regularities of oceanographic and biological processes in the Sea of Azov] Apatity, Kola Scientific Center of the Russian Academy of Sciences: 219–227. (In Russian).
9. Lipnitskaya G.P., Tretyak E.L. 1999. [To study the microphytoperiphyton of the shelf of the Sea of Azov]. *Al'gologiya*. 9(2): 74–75. (In Russian).
10. Partaly E.M. 2001. Horizontal structure of the biocenosis of marine fouling in Taganrog bay, Sea of Azov. *Oceanology*. 41(5): 718–722.

11. Abdusamadov A.S., Abdurakhmanov G.M., Dokhtukayeva A.M., Dudurkhanova L.A. 2011. [Hydrobiological characteristics of the main fishery reservoirs of the West Caspian region (phytoplankton)]. *Yug Rossii: ekologiya, razvitie*. 6(3): 37–49. (In Russian).
12. Proshkina-Lavrenko A.I., Makarova I.V. 1968. *Vodorosli planktona Kaspiyskogo morya*. [Algae of the Caspian Sea plankton]. Leningrad, Nauka: 295 p. (In Russian).
13. Timoshkin O.A., Bondarenko N.A., Volkova Ye.A., Tomberg I.V., Vishnyakov V.S., Malnik V.V. 2015. Mass development of green filamentous algae of the genera *Spirogyra* and *Stigeoclonium* (Chlorophyta) in the littoral zone of the southern part of Lake Baikal. *Hydrobiological Journal*. 51(1): 13–23. doi: 10.1615/HydrobJ.v51.i1.20
14. Gladyshev M.I., Gubelit Y.I. 2019. green tides: new consequences of the eutrophication of natural waters (invited review). *Contemporary Problems of Ecology*. 12(2): 109–125. doi: 10.1134/S1995425519020057
15. Solov'eva V.V., Lapirova A.G. 2013. *Gidrobotanika: uchebnik dlya vysshikh uchebnykh zavedeniy*. [Hydrobotany: textbook for higher educational institutions]. Samara, Volga State Social and Humanitarian Academy: 354 p. (In Russian).
16. Rundina L.A. 1998. *Zignemovye vodorosli Rossii (Chlorophyta: Zygnematophyceae, Zygnematales)*. [Zygnema algae of Russia (Chlorophyta: Zygnematophyceae, Zygnematales)]. St Petersburg, Nauka: 351 p. (In Russian).
17. Volkova E.A. 2018. [Life cycle of *Spirogyra decimina* var. *juergensii* (Kütz.) O.V. Petlovany from Lake Baikal]. *Voprosy sovremennoy al'gologii*. 1(16): 1–7. (In Russian). doi: 10.33624/2311-0147-2018-1(16)-1-7
18. Hainz R., Wober C., Schagerl M. 2009. The relationship between *Spirogyra* (Zygnematophyceae, Streptophyta) filament type groups and environmental conditions in Central Europe. *Aquatic Botany*. 91(3): 173–180. doi: 10.1016/j.aquabot.2009.05.004
19. *Azovskoe more v kontse XX – nachale XXI vekov: geomorfologiya, osadkonakoplenie, pelagicheskie soobshchestva. T. X*. [The Sea of Azov at the end of the 20th – beginning of the 21st centuries: geomorphology, sedimentation, pelagic communities. Vol. X]. 2008. Apatity, Kola Scientific Center of the Russian Academy of Sciences: 295 p. (In Russian).
20. Sorokina V.V., Berdnikov S.V. 2018. Nutrient loading of the Don and Kuban on the ecosystem of the Sea of Azov. *Water Resources*. 45(6): 920–934. doi: 10.1134/S0097807818060143

Поступила 07.06.2021