

## СОСТОЯНИЕ ВОДНОЙ СРЕДЫ ВОРОНЕЖСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА В СВЯЗИ С ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИТУАЦИЕЙ В МАСЛОВСКОМ ЗАТОНЕ

Г. А. Анциферова, Е. В. Беспалова

Воронежский государственный университет, Россия

Поступила в редакцию 16 февраля 2015 г.

**Аннотация:** В статье рассматривается экологическое состояние водной среды Воронежского водохранилища, которое оценивается методом биоиндикации по сообществам низших микроскопических водорослей. Особое внимание уделено Масловскому затону, где в настоящее время наблюдается крайне неблагоприятная экологическая обстановка. Ставится проблема токсичности среды, связанная с цианобактериями.

**Ключевые слова:** биоиндикация, водная экосистема, диатомовые водоросли, микрофитобентос, фитопланктон, цианобактерии, цианотоксины, экология.

**Abstract:** The article evaluates the ecological state of the Voronezh water storage reservoir by the method of bioindication over communities of the lower microphytic algae. Special focus is made on the left-bank Maslovsky broadland, which now faces extremely unfavorable ecological conditions. The problem of environmental toxicity due to cyanobacterias is also emphasized in the article.

**Key words:** bioindication, water ecosystem, diatomic algae, microphytobentos, phytoplankton, cyanobacterias, cyanotoxins, ecology.

Целью данного исследования является краткий обзор экологического состояния Воронежского водохранилища на основе данных, полученных методами биоиндикации по сообществам фитопланктона и микрофитобентоса, представленных микроскопическими диатомовыми и синезелеными (цианобактерии) водорослями. Основная задача заключается в постановке проблемы, связанной с распространением «цветения» вод, обусловленного массовым развитием представителей цианобактерий, которые являются признанными источниками цианотоксинов.

Экологическое состояние водохранилища отражает природные и техногенные процессы, происходящие на водосборе, в том числе в пределах города Воронежа и прилегающих к нему территорий. Геосистема водохранилища – водосборная площадь находится в непосредственно взаимодействии с неоген-четвертичным водоносным комплексом. Водоохранилище более чем наполовину пополняет объем подземных вод, которые используются для питьевого водоснабжения населения г.

Воронежа. Небольшое количество предприятий использует водоем для технического водоснабжения.

При долговременном (с 1972 г.) воздействии и существующих объемах загрязнений самоочищительные способности экосистемы водохранилища являются недостаточными для полной их утилизации. Антропогенная (техногенная) нагрузка, оказывая воздействие на гидрохимические и гидрофизические показатели водной среды, влияет на эколого-биологическое качество вод. Она обуславливает антропогенное эвтрофирование (данный термин как синоним понятия «антропогенное загрязнение»). Под эвтрофированием понимается высокий уровень процессов образования и деструкции органического вещества. Этот процесс обусловлен количеством биогенных веществ, главным образом азота, фосфора, железа, микроэлементов, различных соединений органического и неорганического происхождения, в том числе и токсичных [12, 15, 16].

При перегрузке водоема биогенами происходит бурное развитие планктонных микроскопических водорослей, вызывающих «цветение» вод. Прибрежная зона эвтрофных водоемов зарастает

высшей водной и водно-погруженной растительностью, увеличиваются площади мелководий. На отдельных участках акватории, например, в пределах Масловского затона, режим трофности ныне перешел в гипертрофный. Интенсивное развитие макрофитов сопровождается накоплением на дне органического вещества в результате неполной его минерализации. В придонных слоях возникает дефицит кислорода, что предопределяет процессы анаэробного брожения. В результате в водохранилище происходит формирование толщи донных осадков органо-техногенного происхождения.

Нами водоем периодически исследуется с 1988 года и по настоящее время [1, 2, 3]. В различных частях водохранилища выделено 7 створов, по которым производится отбор проб фитопланктона и микрофитобентоса. Первоначально изучение низших микроскопических водорослей проводилось с целью их первичной инвентаризации и для проведения эколого-биологической оценки качества водной среды методом биоиндикации. Следует отметить, что уже в 80-е годы наблюдалось интенсивное «цветение» вод синезелеными водорослями.

Первичная инвентаризация низших микроскопических водорослей показала, что в целом выявленный в пределах водохранилища комплекс диатомей насчитывает 187 видов и внутривидовых таксонов, принадлежащих 31 роду. Комплекс синезеленых водорослей составляет 50 таксонов, принадлежащих 20 родам.

В дальнейшем работы проводились в 2003 г., а также в 2013 и 2014 годах. Эколого-биологическая оценка водной среды водохранилища основана на анализе таксономического и экологического состава низших микроскопических водорослей. Их использование в качестве индикаторов оценки биологических эффектов воздействия загрязняющих веществ определяется тем, что они многочисленны и степень их контакта с загрязнителями среды обитания постоянна. В условиях воздействия загрязнителей в течение вегетационного сезона, сообщества низших водорослей формируются, развиваются и видоизменяются. Их качественный и количественный состав зависит от физико-химических характеристик водной среды и донных осадков.

Анализ данных, полученных по таксонам-индикаторам загрязнения, позволил провести районирование акватории водохранилища с выделением зон различной интенсивности загрязнения. Площадная приуроченность этих зон постоянна.

Несмотря на смены сукцессий фитопланктона, они прослеживаются в течение всего вегетационного сезона, а в летнее время еще более подчеркиваются массовым развитием синезеленых водорослей.

В водохранилище выделяются два основных участка – Верхний (от верховьев водохранилища до Чернавского моста, точки наблюдения 1-5, 13-18) и Нижний (от Чернавского моста до плотины, точки наблюдения 6-12, 19-21) (рис. А).

В конце апреля-мае и до начала июня, повсеместно распространен вид *Stephanodiscus hantzschii* Grun. в массовом количестве, что соответствует высокой степени трофности водоема. По акватории водохранилища, особенно на мелководьях, при глубинах 0,2-0,5 м, до 1,0 м, на поверхностном слое донных отложений повсеместно наблюдается вид *Nitzschia acicularis* W. Sm. В местах повышенного уровня загрязнения, например, в точке наблюдения 16 в верховьях водохранилища у Кольцевой дороги, в точке наблюдения 15 у левого берега, в точках наблюдения 6, 10, 11 у Чернавского и Вогрэсовского мостов и в устье реки Песчанка, в точке наблюдения 8 у плотины этот вид переходит в число массовых.

Летом, в июле-первой половине августа происходило «цветение» вод синезелеными водорослями в пределах Нижнего участка с доминированием планктонного вида *Microcystis aeruginosa* K&Z. emend. Elenk. и его формами, а также *Microcystis pulverea* (Wood) Forti emend. Elenk., *Anabaena flos-aquae* (Lyngb.) Breb. В донных группировках процветали виды рода *Ostellatoria* (Kirchn.) Elenk. s. str. (*O. irrigua* (K&Z.) Gom., *O. limnetica* Lemm., *O. limosa* Ag.). Эти виды имеют высокую приспособляемость к среде обитания, для них благоприятна повышенная степень загрязненности (рис., Б, В). Видовое разнообразие и оценки обилия диатомовых при этом резко сокращается. Среди них наблюдаются в основном виды обрастатели. В массе развиваются *Diatoma vulgare* Bory, *D. elongatum* (Lyngb.) Ag. с разновидностями и *Rhicosphenia curvata* (K&Z.) Grun.

В конце августа-октябре, как показывает состав сообществ, загрязнение вод достигает крайне высокого уровня. Это отражается в монодоминантности распространенных в водохранилище сообществ диатомей и в массовом развитии лишь отдельных их видов, при единичном присутствии других. Наблюдаются также тератологические проявления, отражающие мутагенное воздействие загрязнений. Оно выражается в широком развитии морфологических отклонений в строении клеток.

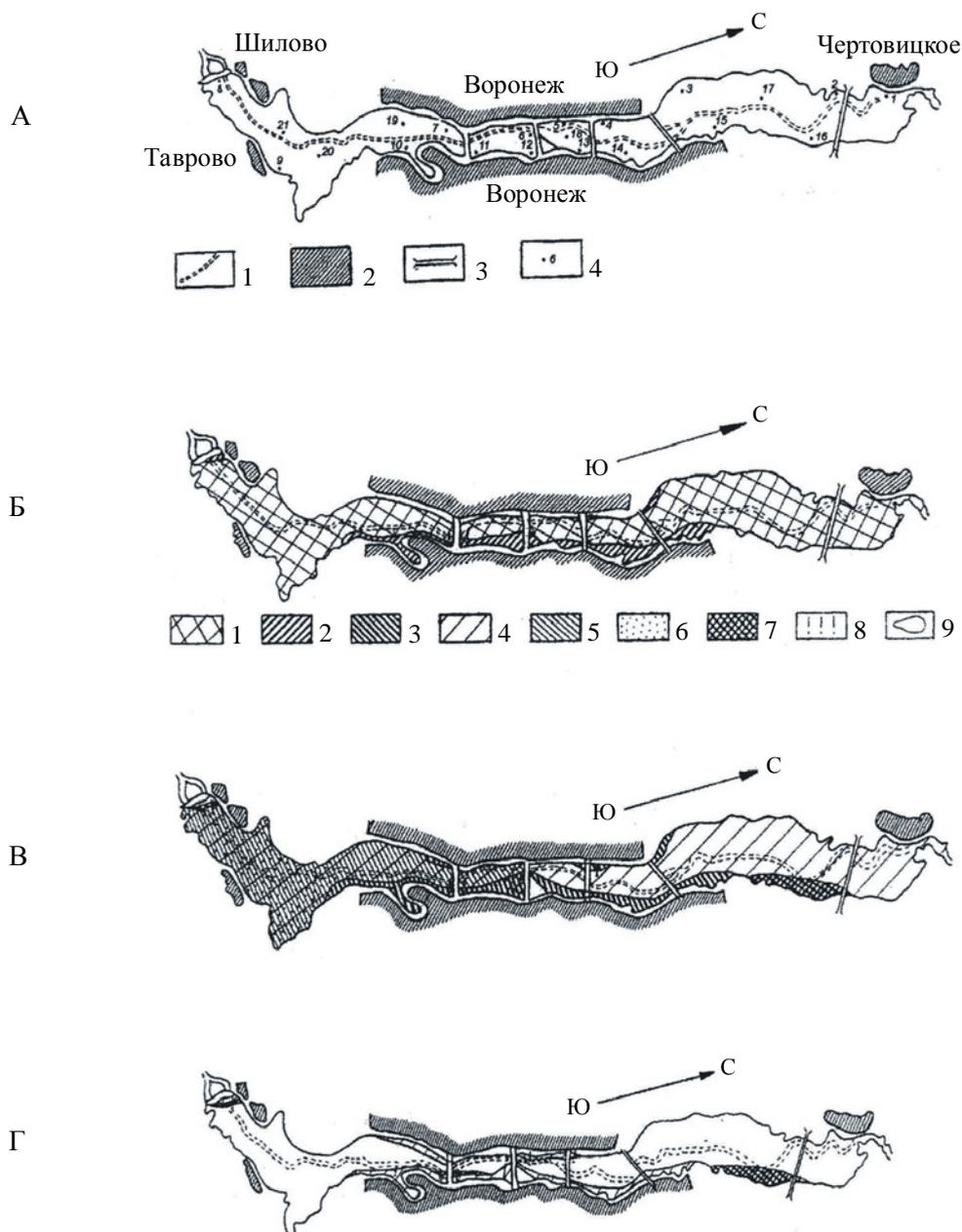


Рис. Воронежское водохранилище [1]:

А - схема расположения точек наблюдения.

Условные обозначения: 1 – затопленное русло р. Воронеж; 2 – жилые и промышленные застройки; 3 – мостовые переходы; 4 – точка наблюдения (место отбора проб) и ее номер.

Б – расположение зон повышенного загрязнения (весенний цикл развития сообществ низших водорослей);

В – расположение зон повышенного загрязнения (летний цикл развития сообществ низших водорослей);

Г – расположение зон повышенного загрязнения (осенний цикл развития сообществ низших водорослей).

Условные обозначения (схемы Б, В, Г): Весенний цикл развития диатомовых водорослей; 1 – распространение планктонного вида *Stephanodiscus hantzschii* Grun.; 2 – бентосные диатомеи, донные виды *Nitzschia acicularis* W. Sm., *Navicula viridula* K&Z. Летний цикл развития диатомовых и синезеленых водорослей; 3 – бентосные диатомеи, виды обрастатели *Diatoma vulgare* Bory, *Diatoma elongatum* (Lyngb.). «Цветение» вод синезелеными водорослями вида *Microcystis aeruginosa* K&Z emend. Elenk.; 4 – Верхний участок водохранилища; 5 – Нижний участок водохранилища; 6 – виды рода *Ostillatoria* Vauch. процветают в донных группировках; 7 – распространение форм диатомей с морфологическими отклонениями в строении створок; 8 – границы зон повышенного загрязнения, выделяемые по диатомовым водорослям; 9 – границы зон повышенного загрязнения вод, выделенные по диатомовым водорослям

Весной и летом отдельные «уродства» среди диатомей, в виде нарушения формы створок, вздутий или расплющивания створок и панцирей наблюдаются у таких видов как *Synedra ulna* (Nitzsch.) Ehr., *Surirella ovata* Breb., *Fragilaria brevistriata* Grun., *F. intermedia* Grun., *Achnanthes lanceolata* (Breb.) Grun., *Aulacoseira granulata* (Ehr.) Sim. Данные изменения постоянны в сообществах, изученных в точках наблюдения 8, 10, 11. Осенью они выявляются также в точках наблюдения 5, 6 (рис. А, Г). Причем тератологические изменения становятся более выраженными и наблюдаются чаще. Даже у такого выносливого вида как *Diatoma vulgare* Boy, развитого повсеместно и доминирующего во всех сообществах микрофитобентоса, в том числе в наиболее загрязненных зонах акватории, наблюдаются вздутия створок и их распад. Для видов *Cocconeis pediculus* Ehr. и *C. placentula* Ehr. характерно уменьшение размеров створок в 1,5-2 раза относительно типовых, в чем также проявляется влияние загрязнений.

Проведенные в 1988 и 2003 годах биоиндикационные исследования водохранилища выявили его эколого-биологический статус. Усредненные значения индекса сапробности Пантле-Букка в модификации Сладчека изменяются от 1,64 (верховья) до 1,76 (Масловский створ, плотина) [14, 21]. В соответствии с показателями индекса сапробности, воды водохранилища в целом могут быть отнесены к классу III и определены как «умеренно загрязненные». Это можно рассматривать как следствие достаточной проточности и процессов водообмена [13, 7], а также действием процессов самоочищения. По способности к самоочищению экосистема водохранилища в целом долгие годы оставалась стабильной при степени кризисности на уровне обратимых изменений. Это определяется достаточно высоким уровнем процессов переработки, окисления и минерализации органического вещества.

В пределах акватории в месте сброса Левобережных очистных сооружений существует локальный участок высокого загрязнения вод. Непосредственно в месте сброса наблюдаются воды, качество которых согласно индексу сапробности равному более 4, обозначаются как изосапробные, класс VI «очень грязные». В них полностью отсутствуют живые организмы, в том числе бактерии. Это мертвые воды. На некотором отдалении, но в зоне влияния сбрасываемых стоков, прослеживаются воды V-го класса качества, определяемые как «грязные» (индекс сапробности 3,51-4,00).

И далее воды IV-го класса – «загрязненные» (индекс сапробности 2,51-3,50). В условиях подобных чрезвычайно высоких загрязнений, возникающих вследствие особых экологических ситуаций, проявляются признаки, свидетельствующие о катастрофической стадии кризисности локальных участков экосистемы.

Исследования фитопланктона, проведенные в 2013-2014 годах, связаны с биоиндикационными наблюдениями в нижнем течении реки Тавровка и в Масловском затоне (Нижний участок водохранилища, левобережье). В настоящее время в данной части акватории сложилась экологическая обстановка, которая по характеру изменений в экосистеме «водная среда – донные отложения» по ряду признаков приблизилась к кризисной [19, 20].

Наблюдения основаны на изучении низших водорослей из проб, отобранных с помощью коллег. Приносим нашу искреннюю благодарность Н. И. Русовой, А. Е. Скосарь и гидробиологу А. Е. Силиной, специалисту по изучению макрозообентоса.

В конце августа-начале сентября 2013 года в Масловском затоне (выше дамбы) наблюдалось катастрофическое развитие микроскопических синезеленых водорослей [4]. Это обусловлено влиянием целого ряда факторов. В реку Тавровка, впадающую в Масловский затон, с неконтролируемыми объемами хозяйственно-бытовых и канализационных стоков с территорий пос. Заречный и Масловка поступают значительные объемы органических и неорганических загрязнений. В дополнение к ним в последние годы (не менее 7 последних лет) общественностью этих населенных пунктов фиксируются промышленные стоки из не установленных официально и не санкционированных источников техногенного загрязнения.

Экстремальные летние температуры 2010-2012 годов обострили кризисную экологическую ситуацию в экосистеме устье реки Тавровка – Масловский затон (выше дамбы), создали предпосылки для массового развития цианобактерий, обусловили «цветение» вод. Температурный режим хорошо прогреваемого мелководного водоема способствовал их массовому развитию. Сложилась ситуация, чрезвычайно благоприятная для распространения представителей синезеленых водорослей загрязненных местообитаний – *Microcystis aeruginosa* f. *flos-aqua* (Wittr.) Elenk. et f. *pseudofilamentosa* (Grow.) Elenk. Впервые в регионе наблюдаются *Microcystis aeruginosa* f. *sphaerodictyoides* Elenk., *Microcystis aeruginosa* f. *scripta*

(Richt.) Elenk. – отмеченные формы развиваются вначале в прикрепленном ко дну состоянии, а затем переходят в планктон. Наряду с этими таксонами появляется и широко распространяется вид *Ostillatoria coerulea* Gickl., для которого характерно процветание в гниющем иле, особенно в условиях сероводородного загрязнения. Выделяемые им продукты метаболизма при разложении окрашивают воды в красновато-пурпурный цвет.

Названные представители синезеленых водорослей образуют мощные (десятки сантиметров толщиной) скопления-дерновины, покрывающие илистый субстрат. Они имеют невыносимо дурной запах канализационной органики, сероводорода. Сложилась ситуация катастрофического уровня экологической опасности. Водная среда Масловского затона может быть отнесена к V классу «грязная», и по разряду качества является предельно грязной. По степени кризисности подобная экосистема находится в стадии необратимых изменений.

В пробах фитопланктона, отобранных в Масловском затоне в середине мая 2014 года, «в массе» развиты представители рода *Microcystis* (*Microcystis aeruginosa* и его формы, процветающие осенью 2013 года). Наряду с ними с оценками обилия «часто» – «очень часто» – «в массе» встречаются *Anabaena constricta* (Staf.) Geitl., *A. variabilis* Kütz., *Aphanothece castagne* (Breb.) Rabenh., *Lyngbya aestuarii* (Mert.) Liebm., *L. truncicola* Ghose, *Merismopedia trolleri* Bachm., *Ostillatoria irrigua* (Kütz.) Gom., *O. planctonica* Wolocz., *O. putrida* Schmidle, *O. princeps* Vauch., *Phormidium foveolarum* (Mont.) Gom.

В пробах фитопланктона, отобранных в Масловском затоне в июне 2014 года по инициативе компании «Стройинвестиция», изучены сообщества низших микроскопических водорослей, которые насчитывают 72 вида, разновидностей и формы, относящиеся к 35 родам. Среди них в общем составе преобладают диатомовые и зеленые водоросли, наблюдаются представители эвгленовых и синезеленых водорослей.

Повсеместно среди диатомовых доминируют *Cyclotella krammeri* Hakansson, *C. meneghiniana* Kütz., *Fragilaria capucina* Desm., *Tabellaria flocculosa* (Roth.) Kütz., *Synedra ulna* (Nitzsch.) Ehr. – «в массе», «очень часто», «нередко». Среди зеленых с оценками обилия «нередко», «часто» встречены *Scenedesmus opoliensis* Richt., *Sc. communis* Hegew., *Coelastrum microporum* Næg. и др. В составе синезеленых с оценками обилия «в массе», «очень часто» наблюдаются *Microcystis aeruginosa* f. *flos-aqua*

(Wittr.) Elenk. и *M. ichthyoblabe* Kütz., характерные для загрязненных местообитаний. С оценками обилия «единично», «редко» распространены *Anabaena variabilis* Kütz., *Rhabdoderma lineare* Schmidle et Laut. emend. Hollerb. и др. В составе эвгленовых с оценками «единично» наблюдаются *Trachelomonas planctonica* Switr. и *Monomorphina pyrnum* (Ehr.) Mereschk.

По сравнению с ситуацией в сентябре-октябре 2013 года, таксономическое разнообразие сообществ низших водорослей в мае-июне 2014 года расширилось за счет развития сукцессии диатомовых водорослей, что было обеспечено, в частности, весенним притоком вод.

Для данного интервала времени по таксономическому составу водорослей-индикаторов охарактеризовано экологическое состояние водной среды. Класс качества вод, определенный по индексу сапробности Пантле-Букка в модификации Сладечека, показал значение, равное 1,68. Это показывает, что водная среда Масловского затона относится к классу III – «умеренно загрязненные» воды (в пределах значений 1,51-2,50). Согласно данному показателю, процессы самоочищения экосистемы предположительно находятся в стадии обратимых изменений.

Итак, наблюдается некий парадокс, когда на фоне относительно высокого класса качества водной среды, в водохранилище в целом устанавливается, и это описано выше, чрезвычайно высокая загрязненность акватории Масловского затона. С целью объяснения подобного несоответствия был применен метод Т. Ватанабе, используемый для расчета индекса органического загрязнения (но не загрязнения ксенобиотиками) на основе диатомового комплекса (*DAI<sub>po</sub>* – индекса D) [5, 6]. При расчетах индекса D были учтены таксоны, которые имеют высокие оценки обилия от «нередко» до «в массе». По мнению Е. М. Кезля, именно их следует выделять в группу так называемых «основных таксонов», для которых те или иные конкретные условия развития являются наиболее оптимальными. Таксоны, имеющие распространение «единично» и «редко», учтены лишь при расчетах суммарного обилия таксонов при анализе их распределения по экологическим группам, т.е. суммы частот встречаемости вида во всех пробах [10]. Согласно проведенным расчетам, в общем составе сообществ диатомей преобладают виды эврисапробы, или индифференты (*i*), которые отличаются устойчивостью к органическому загрязнению. Они составляют от 49,9 до 80,6 %. Сапрофилы (*sp*),

т.е. виды наиболее устойчивые к органическому загрязнению, достигают от 3,2 до 12,3%. Виды сапроксены (*sx*) предпочитают чистые воды. На их долю в сообществах Масловского затона приходится от 9,0 до 37,8%. В рассматриваемых условиях высокой антропогенной нагрузки это указывает на то, что у экосистемы сохранилась способность восстанавливать некоторое количество вод относительно благополучного качества за счет активной минерализации загрязненных вод.

Общие показатели значений индекса органического загрязнения *D* по пунктам опробования относятся к интервалу от 52,0 до 62,75%. Это свидетельствует об индифферентности доминирующего сообщества диатомовых водорослей по отношению к органическому загрязнению (таблица). Подобное распределение данного показателя рассматривается как указание на токсичность водной среды, т.к. развиваются таксоны, которые, по сути, являются толерантными к условиям среды.

В настоящей статье, посвященной изучению микроскопических водорослей, обращается внимание на токсичность среды, происхождение которой связывается с цианобактериями. Хотя следует заметить, что имеются работы, в которых анализируется токсичность вод, установленная гидрохимическими методами [12].

Во многих публикациях, начиная с середины прошлого века, указывается на токсичность сине-зеленых водорослей (цианобактерий). В составе таксонов, представляющих сообщества цианобактерий, выделяются те, которые в процессе метаболизма, или после отмирания в конце сезона вегетации, выделяют цианотоксины, обладающие высокой токсичностью для животных и человека. Известно, что они могут вызывать у людей острые отравления с неврологическими симптомами, приводить к некрозам внутренних органов, например, печени и других. [8, 9, 11, 18].

Среди цианобактерий, получивших массовое развитие и в акватории Воронежского водохранилища, вызывая «цветение» вод, распространены таксоны, выделяющие цианотоксины. Это *Microcystis aeruginosa* Kütz. emend. Elenk., *Microcystis aeruginosa* f. *flos-aqua* (Wittr.) Elenk. и *M. ichthyoblabe* Kütz., а также *Anabaena variabilis* Kütz., *Lyngbya aestuarii* (Mert.) Liebm. [11]. Они свидетельствуют как о загрязнении экосистемы «водная среда – донные отложения» на уровне «загрязненная», «грязная» и «очень грязная», так и о ее токсичных свойствах. Причем для Воронежского водохранилища характерно хроническое от-

равление цианотоксинами в течение многих лет, начиная с 80-х годов прошлого века.

Цианотоксины оказывают мощное биологическое воздействие на биоту. Следует заметить, что водная экосистема Масловского затона прошла реальное биотестирование. В качестве организмов биотестеров выступают представители гидробионтов, обитающих в данном водоеме. Например, в процессе отбора проб было обращено внимание на большое количество пустых раковин моллюсков, отсутствие головастика лягушек, рыб и мальков рыб и других организмов, обычных для подобных мелководных хорошо прогреваемых водоемов [19, 20]. При лабораторном изучении проб под микроскопом исследователи также невольно выступили в роли объектов-биотестеров. Вследствие воздействия вдыхаемых паров воды из проб Масловского затона, наблюдались реакции, которые возникают, например, при работе с формальдегидом, толуолом (онемение губ, языка, выраженные дерматиты кожи лица, рук).

Как пишут исследователи Шершневого водохранилища, расположенного у г. Челябинска, Ходорковская Н.И. и другие цианотоксины накапливаются в тканях высших водных растений, в организмах рыб, при гниении отмершей массы происходит поглощение кислорода. «Токсины, которые они (цианобионты) выделяют, не уничтожаются системами очистки на станциях водоподготовки, а проникают в систему водоснабжения, попадают в организм человека при питье и принятии душа. Во время купания наш организм впитывает до 400 мл воды через кожу, при этом токсины впитываются также и накапливаются в клетках человека. Оценить этот вред невозможно, токсин может подействовать моментально, а может проявиться через несколько лет или отразиться на здоровье детей» [17].

Сложившуюся в Масловском затоне в 2013-2014 годах экологическую ситуацию следует рассматривать как фрагмент предполагаемого сценария неблагоприятного развития геоэкосистемы Воронежского водохранилища. Она показала одну из экологических опасностей, которая может проявиться в случае спуска водохранилища, даже не в полном объеме, а лишь при некотором понижении уровня водного зеркала. Неоднократно упоминались возможности изменений, которые могут возникнуть также в случае возникновения чрезвычайной ситуации, связанной со спуском вод при разрушении плотины Воронежского гидроузла. Помимо зон предполагаемого затопления опреде-

Таблица

Характерные таксоны, показатели сапробности и распределение индекса диатомового комплекса органического загрязнения (*DAPro* – *D*) по пунктам опробования Масловского затона Воронежского водохранилища (май-июнь 2014 года)

Характерные таксоны	Показатель сапробности ( <i>s</i> )	Группа толерантности ( <i>D</i> )	Оценка обилия (в баллах)	Пункты распространения	Значение индекса диатомового комплекса органического загрязнения ( <i>DAPro-D</i> ) по пунктам опробования (%)				
					1 – ниже ВОИРЭСовского моста, выход к водохранилищу	2 – выплес плотины, приплотинный участок, центр	3 – ниже устья р. Гавровка	4 – напротив устья р. Гавровка	5 – выплес устья р. Гавровка
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kütz.	$\alpha$ - $\beta$	<i>sp o</i>	5 (3)	1-5					
<i>Fragilaria construens</i> (Ehr.) Grun.	$\beta$	<i>sx o</i>	7 (2, 3)	1-5					
<i>Diatoma elongatum</i> (Lyngb.) Ag.	o	<i>i</i>	3	1-3	52,0	54,05	59,70	62,75	59,3
<i>Synedra ulna</i> (Nitzsch.) Ehr.	$\beta$	<i>i</i>	3	1-5					
<i>Tabellaria fenestrata</i> (Lyngb.) Kütz.	o- $\beta$	<i>i</i>	3	3, 5					
<i>T. flocculosa</i> (Roth.) Kütz.	o- $\chi$	<i>i</i>	9	3					

Условные обозначения: показатели сапробности таксонов (*s*) –  $\alpha$  –  $\beta$  – альфа-бета-мезосапробные,  $\beta$  – бета-мезосапробные, o – олигосапробные, o- $\chi$  – олиго-кеноосапробные; группа толерантности к органическому загрязнению (*DAPro*) – *sp o*: *sp* – сапробилы ( $0 < D < 29$ ), o – свойства ярко выражены, *sx o*: *sx* – сапробилы ( $75 < D < 100$ ), o – свойства ярко выражены, *i* – эврисапробы или индифференты ( $30 < D < 74$ )

ленных площадей, расположенных ниже плотины, выше по течению возникнут обширные зоны загрязненных мелководий, которые явятся благоприятной средой для массового развития сообществ синезеленых водорослей, подобных развитым в Масловском затоне. Это приведет к возникновению и распространению сложной санитарно-эпидемиологической обстановки в результате образования застойных зон, гниения донных отложений, включающих органические остатки, пылевое и газовое заражение атмосферного воздуха.

Реальный сценарий развития ситуации, спровоцированной экологическими событиями в Масловском затоне, прослежен в 2014 году. Цианобактерии обусловили бурное летне-осеннее «цветение» вод акватории водохранилища. Их массовое распространение зафиксировано до моста ВОГРЭС и прослеживалось выше по течению, вплоть до Северного моста. Тяжелый неприятный землистый и канализационный запах определялся «цветением» вод видами *Microcystis aeruginosa* K&M. emend. Elenk. и его форм, а также *Oscillatoria tenuis* Ag., *O. putrida* Schmidle, *O. mucicola* Woronich., *Phormidium mucicola* Hub.-Pestalozzi et Naum., *Spirulina major* K&M. и других. Очевидно, подобного опасного для экологии города явления, следует ожидать и в будущем. Из очага массового развития широко распространился вид *Microcystis ichthyoblabe* K&M. (Микроцистис рыбозаморный), который в 2013 году выявлен в приустьевой части реки Тавровка и в Масловском затоне. В мае-июне 2014 года этот вид зафиксирован повсеместно с оценками обилия «в массе – очень часто» в пробах фитопланктона. Этот вид, также в массовом количестве, наряду с *Microcystis aeruginosa* K&M. emend. Elenk. и его формами, наблюдается в русле реки Воронеж ниже плотины водохранилища в виде мощных дерновин и скоплений.

Итак, в настоящее время сложилась кризисная экологическая ситуация, обусловленная массовым развитием в акватории Воронежского водохранилища представителей цианобактерий, являющиеся признанными в мире источниками цианотоксинов. Острота экологической проблемы подчеркивается гидравлической связью водохранилища с неоген-четвертичным водоносным комплексом, используемым для водоснабжения населения крупного областного центра. Данная проблема требует разностороннего комплексного исследования.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анциферова Г. А. Эволюция диатомовой флоры и межледникового осадконакопления центра Восточно-

Европейской равнины / Г. А. Анциферова // Труды Воронежского университета. – Воронеж, 2001. – Вып. 2. – 198 с.

2. Анциферова Г. А. Фитопланктон (диатомовые и синезеленые водоросли) как индикаторы эколого-биологического состояния Воронежского водохранилища / Г. А. Анциферова, И. В. Захарова // Приоритетные направления экологической реабилитации Воронежского водохранилища : материалы Международной научно-практической конференции. – Воронеж, 2012. – С. 234-240.

3. Анциферова Г. А. К проблеме мониторинга состояния водных объектов и прилегающих территорий по космическим данным для эффективного управления рекреационными ресурсами / Г. А. Анциферова, С. Л. Шевырев, М. Ж. Хамзикева // Приоритетные направления экологической реабилитации Воронежского водохранилища : материалы Международной научно-практической конференции. – Воронеж, 2012. – С. 13-18.

4. Анциферова Г. А. Экологическая ситуация в Масловском затоне летом 2013 года – фрагмент сценария неблагоприятного развития ЭГС Воронежского водохранилища / Г. А. Анциферова // Экологическая геология: теория, практика и региональные проблемы : материалы 3 Международной научно-практической конференции. – Воронеж : Цифровая полиграфия, 2013. – С. 78-79.

5. Барина С. С. Метод Ватанабе в оценке органического загрязнения вод / С. С. Барина // Альгология. – 1998. – Т. 8, № 4. – С. 428-448.

6. Барина С. С. Разнообразие водорослей-индикаторов в оценке качества окружающей среды / С. С. Барина, Л. А. Медведева, О. В. Анисимова. – Tel-Aviv : Piles Studio, 2006. – 498 с.

7. Воронежское водохранилище: комплексное изучение, использование и охрана / В. М. Мишон [и др.]. – Воронеж : Издательство Воронежского государственного университета, 1989. – 188 с.

8. Горюнова С. В. Синезеленые водоросли (биохимия, физиология, роль в практике) / С. В. Горюнова, Г. Н. Ржанова, В. К. Орлеанский. – Москва : Наука, 1969. – 228 с.

9. Горюнова С. В. Водоросли – продуценты токсических веществ / С. В. Горюнова, Н. С. Демина. – Москва : Наука, 1974. – 256 с.

10. Кезля Е. М. Водоросли естественных водоемов Центрально-черноземного заповедника (Курская область, лесостепная зона) : автореф. дис. ... канд. биол. наук // Е. М. Кезля. – Москва, 2014. – 24 с.

11. Кондратьева Н. В. Краткий определитель видов токсических синезеленых водорослей / Н. В. Кондратьева, О. В. Коваленко. – Киев : Наукова думка, 1975. – 78 с.

12. Косинова И. И. Эколого-геологическое районирование территории г. Воронежа / И. И. Косинова, Н. В. Крутских // Вестник Воронежского государственного университета. Сер. Геология. – 2001. – № 12. – С. 205-212.

13. Курдов А. Г. Проблемы Воронежского водохранилища / А. Г. Курдов. – Воронеж : Издательство Воронежского государственного университета, 1998. – 168 с.
14. Макрушин А. В. Биологический анализ качества вод / А. В. Макрушин. – Ленинград : Зоологический институт АН СССР, 1974. – 60 с.
15. Некоторые элементы системного подхода при характеристике гидрогеоэкологических условий района г. Воронежа / М. Н. Бугреева [и др.] // Вестник Воронежского государственного университета. Сер. Геология. – 2001. – № 12. – С. 212-217.
16. Оценка техногенного загрязнения окружающей среды в условиях промышленного комплекса / М. Н. Бугреева [и др.] // Вестник Воронежского государственного университета. Сер. Геология. – 2000. – № 3. – С. 241-249.
17. Оценка экологического состояния Шершневого водохранилища в современных условиях / Н. И. Ходорковская [и др.] // Вестник Челябинского университета. – 2013. – № 7. – С. 165-167.
18. Саут Р. Основы альгологии / Р. Саут, А. Уиттик. – Москва : Мир, 1990. – 595 с.
19. Силина А. Е. Доминантно-информационная и трофическая структура макрозообентоса реки Дон в южной части Воронежской области / А. Е. Силина // Актуальные проблемы экологии и сохранения биоразнообразия России и сопредельных стран. – Владикавказ : Издательство Северо-Осетинского государственного университета, 2012. – Вып. 8. – С. 104-117.
20. Силина А. Е. Донная макрофауна р. Дон и ее притоков на юге Воронежской области / А. Е. Силина // Проблемы водной энтомологии России : материалы X(2) Трихoptерологического симпозиума. – Владикавказ : Издательство Северо-Осетинского государственного университета, 2013. – С. 96-113.
21. Унифицированные методы исследования качества вод. Методы биологического анализа вод. Индикаторы сапробности. – Москва : Издательство СЭВ, 1977. – С. 21-31.

## REFERENCES

1. Antsiferova G. A. Evolyutsiya diatomovoy flory i mezhdunarnogo osadkonakopleniya tsentra Vostochno-Evropeyskoy ravniny / G. A. Antsiferova // Trudy Voronezhskogo universiteta. – Voronezh, 2001. – Вып. 2. – 198 с.
2. Antsiferova G. A. Fitoplankton (diatomovye i siniezelenye vodorosli) kak indikatory ekologo-biologicheskogo sostoyaniya Voronezhskogo vodokhranilishcha / G. A. Antsiferova, I. V. Zakharova // Prioritetnye napravleniya ekologicheskoy reabilitatsii Voronezhskogo vodokhranilishcha : materialy Mezhdunarnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. – Voronezh, 2012. – С. 234-240.
3. Antsiferova G. A. K probleme monitoringa sostoyaniya vodnykh ob"ektov i privileyushchikh territoriy po kosmicheskim dannym dlya effektivnogo upravleniya rekreatsionnymi resursami / G. A. Antsiferova, S. L. Shevryev, M. Zh. Khamzikeeva // Prioritetnye naprav-

leniya ekologicheskoy reabilitatsii Voronezhskogo vodokhranilishcha : materialy Mezhdunarnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. – Voronezh, 2012. – С. 13-18.

4. Antsiferova G. A. Ekologicheskaya situatsiya v Maslovskom zatone letom 2013 goda - fragment stsenariya neblagopriyatnogo razvitiya EGS Voronezhskogo vodokhranilishcha / G. A. Antsiferova // Ekologicheskaya geologiya: teoriya, praktika i regional'nye problemy : materialy 3 Mezhdunarnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. – Voronezh : Tsifrovaya poligrafiya, 2013. – С. 78-79.

5. Barinova S. S. Metod Vatanabe v otsenke organicheskogo zagryazneniya vod / S. S. Barinova // Al'gologiya. – 1998. – Т. 8, № 4. – С. 428-448.

6. Barinova S. S. Raznoobrazie vodorosley-indikatorov v otsenke kachestva okruzhayushchey sredy / S. S. Barinova, L. A. Medvedeva, O. V. Anisimova. – Tel-Aviv : Piles Studio, 2006. – 498 с.

7. Voronezhskoe vodokhranilishche: kompleksnoe izuchenie, ispol'zovanie i okhrana / V. M. Mishon [i dr.]. – Voronezh : Izdatel'stvo Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta, 1989. – 188 с.

8. Goryunova S. V. Sinezelenye vodorosli (biokhimiya, fiziologiya, rol' v praktike) / S. V. Goryunova, G. N. Rzhanova, V. K. Orleanskiy. – Moskva : Nauka, 1969. – 228 с.

9. Goryunova S. V. Vodorosli – produtsenty toksicheskikh veshchestv / S. V. Goryunova, N. S. Demina. – Moskva : Nauka, 1974. – 256 с.

10. Kezlya E. M. Vodorosli estestvennykh vodoemov Tsentral'no-chernozemnogo zapovednika (Kurskaya oblast', lesostepnaya zona) : avtoref. dis. ... kand. biol. nauk // E. M. Kezlya. – Moskva, 2014. – 24 с.

11. Kondrat'eva N. V. Kratkiy opredelitel' vidov toksicheskikh siniezelenykh vodorosley / N. V. Kondrat'eva, O. V. Kovalenko. – Kiev : Naukova dumka, 1975. – 78 с.

12. Kosinova I. I. Ekologo-geologicheskoe rayonirovanie territorii g. Voronezha / I. I. Kosinova, N. V. Krutskikh // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. Geologiya. – 2001. – № 12. – С. 205-212.

13. Kurдов А. Г. Problemy Voronezhskogo vodokhranilishcha / А. Г. Kurдов. – Voronezh : Izdatel'stvo Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta, 1998. – 168 с.

14. Makrushin A. V. Biologicheskii analiz kachestva vod / A. V. Makrushin. – Ленинград : Zoologicheskii institut AN SSSR, 1974. – 60 с.

15. Nekotorye elementy sistemnogo podkhoda pri kharakteristike gidrogeoeologicheskikh usloviy rayona g. Voronezha / M. N. Bugreeva [i dr.] // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. Geologiya. – 2001. – № 12. – С. 212-217.

16. Otsenka tekhnogennogo zagryazneniya okruzhayushchey sredy v usloviyakh promyshlennogo kompleksa / M. N. Bugreeva [i dr.] // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. Geologiya. – 2000. – № 3. – С. 241-249.

17. Otsenka ekologicheskogo sostoyaniya Shershevskogo vodokhranilishcha v sovremennykh usloviyakh /

N. I. Khodorkovskaya [i dr.] // Vestnik Chelyabinskogo universiteta. – 2013. – № 7. – S. 165-167.

18. Saut R. Osnovye al'gologii / R. Saut, A. Uittik. – Moskva : Mir, 1990. – 595 s.

19. Silina A. E. Dominantno-informatsionnaya i troficheskaya struktura makrozoobentosa reki Don v yuzhnoy chasti Voronezhskoy oblasti / A. E. Silina // Aktual'nye problemy ekologii i sokhraneniya bioraznoobraziya Rossii i sopredel'nykh stran. – Vladikavkaz : Izdatel'stvo Severo-Osetinskogo gosudarstvennogo universiteta, 2012. – Вып. 8. – S. 104-117.

20. Silina A. E. Donnaya makrofauna r. Don i ee pritokov na yuge Voronezhskoy oblasti / A. E. Silina // Problemy vodnoy entomologii Rossii : materialy X(2) Trikhopterologicheskogo simpoziuma. – Vladikavkaz : Izdatel'stvo Severo-Osetinskogo gosudarstvennogo universiteta, 2013. – S. 96-113.

21. Unifitsirovannye metody issledovaniya kachestva vod. Metody biologicheskogo analiza vod. Indikatory saprobnosti. – Moskva : Izdatel'stvo SEV, 1977. – S. 21-31.

Анциферова Галина Аркадьевна  
доктор географических наук, профессор кафедры природопользования ф-та географии и геоэкологии Воронежского государственного университета, г. Воронеж, т. (4732)66-56-54, E-mail: [g\\_antsiferova@mail.ru](mailto:g_antsiferova@mail.ru)

Беспалова Елена Владимировна  
аспирант кафедры природопользования факультета географии, геоэкологии и туризма Воронежского государственного университета, г. Воронеж, т. (473) 266-56-54, E-mail: [elena\\_bespalova@bk.ru](mailto:elena_bespalova@bk.ru)

Antsiferova Galina Arkad'yevna  
Doctor of Geography, Professor of the chair of management of nature of the department of geography, geoecology and tourism, Voronezh State University, Voronezh, tel. 8 (4732) 66-56-54, E-mail: [g\\_antsiferova@mail.ru](mailto:g_antsiferova@mail.ru)

Bespalova Yelena Vladimirovna  
Post-graduate student of the chair of management of nature, department of geography, geoecology and tourism, Voronezh State University, Voronezh, tel. (473) 266-56-54, E-mail: [elena\\_bespalova@bk.ru](mailto:elena_bespalova@bk.ru)