

## **Опасность «цветения» Цимлянского водохранилища**

**Никаноров А.М. (1), Хоружая Т.А. ([ghi@aanet.ru](mailto:ghi@aanet.ru)) (1),  
Минина Л.И.(2), Мартышева Н.А. (2)**

**(1) ИВП РАН Южный отдел,**

**(2) ГУ Гидрохимический институт**

Одной из проблем, создающих трудности рационального использования водохранилищ является эвтрофирование, которое понимают как повышение биологической продуктивности водных объектов в результате накопления в воде биогенных веществ [1]. Высокое содержание биогенных веществ: соединений азота, фосфора, кремния, железа и некоторых микроэлементов в воде водохранилищ России установлено рядом исследований [4]. Следствием эвтрофирования является «цветение» - массовое развитие фитопланктона [1], чаще всего сопровождающееся снижением биоразнообразия при доминировании одного или нескольких видов водорослей.

Состояние Цимлянского водохранилища - одного из крупнейших на Юге России (создано перекрытием плотиной реки Дон в нижнем течении у г. Цимлянска в 1952-1953 гг.) и имеющих большое народно-хозяйственное значение, давно находится в центре внимания водопользователей, контролирурующих организаций и общественности. Большие проблемы в использовании водохранилища в том числе как источника питьевого водоснабжения, создает интенсивное развитие фитопланктона - «цветение». Как и во всех водоемах, в Цимлянском водохранилище «цветение» происходит регулярно, что приводит к ухудшению качества воды. К сожалению, гидробиологические наблюдения в рамках государственного мониторинга проводились только в течение 1984-1991 гг. и в настоящее время не осуществляются. Следует подчеркнуть, что «цветущий» водоем считают неблагоприятным с точки зрения народно-хозяйственных целей и непригодным для большинства видов водопользования [7]. Проблема «цветения» ярко обозначилась в 2009 году: 25 октября на водохранилище произошла чрезвычайная ситуация (ЧС): фильтры водозабора г.Волгодонска забились биомассой водорослей, главным образом синезеленых, их пришлось остановить и очищать, вследствие чего население (по сообщениям СМИ 170 тыс. человек) трое суток оставалось без воды. ЧС вызвала озабоченность общественности и широко обсуждалась на разных уровнях.

В Южном отделе ИВП РАН и ГУ ГХИ накоплен значительный объем данных научных исследований по Цимлянскому водохранилищу, касающихся общей экологи-

токсикологической ситуации, основных негативных внутриводоемных процессов и их пространственно-временных изменений. Обобщенный анализ результатов этих исследований, связанных с «цветением», представлен в настоящей статье.

### **Материал и методика исследования**

Проведен анализ многолетней информации по гидробиологическим и токсикологическим (биотестовым) показателям. Для анализа использованы гидробиологические данные государственного мониторинга за время регулярных наблюдений (1984-1991 гг.) для пунктов и вертикалей сети Росгидромета, обозначенных на карте-схеме (Рис. 1). После 1991 г наблюдения были прекращены. Данные собственных исследований по гидробиологическим и биотестовым показателям получены в экспедициях, проведенных ГУ ГХИ в 1990 г и ИВП РАН в 2006 -2008 гг.

### **Результаты исследований и обсуждение**

Проведенный анализ многолетней информации государственного мониторинга Росгидромета и данные собственных исследований позволили дать характеристику сообщества фитопланктона и роли синезеленых, в том числе «токсичных» видов, в «цветении» воды Цимлянского водохранилища.

**Характеристика фитопланктонного сообщества.** Сообщество фитопланктона представлено диатомовыми, зелеными, синезелеными, пиррофитовыми, эвгленовыми, золотистыми водорослями. Наибольшая частота встречаемости у видов *Aphanisomenon flos-aquae*, *Oscillatoria limnetica*, *O.granulata*, *Anabaena flos-aquae*, *Microcystis aeruginosa*, *Stephanodiscus hantzschii*, *Cryptomonas gracilis*, *Melosira islandica* и другие.

В течение последних 10-15 лет биомасса водорослей в водохранилище поддерживается на очень высоком уровне, при этом интенсивно развиваются синезеленые (таблица 1). В общей биомассе они составляют иногда до 100%, а доля проб с синезелеными также может достигать до 100%. При этом в значительной части проб (от 50- до 80% всех проб) эта доля весьма высока.

Разные участки водохранилища несколько отличаются друг от друга как по доле синезеленых в биомассе, так и по доле проб, в которых обнаружены синезеленые (таблица 1). Согласно полученным данным максимально высокие биомассы регистрировались в пунктах глубоководной части водохранилища (х.Красноярский, с.Жуковское), что соответствует данным литературы о пространственных характеристиках биопродуктивности Цимлянского водохранилища [9].

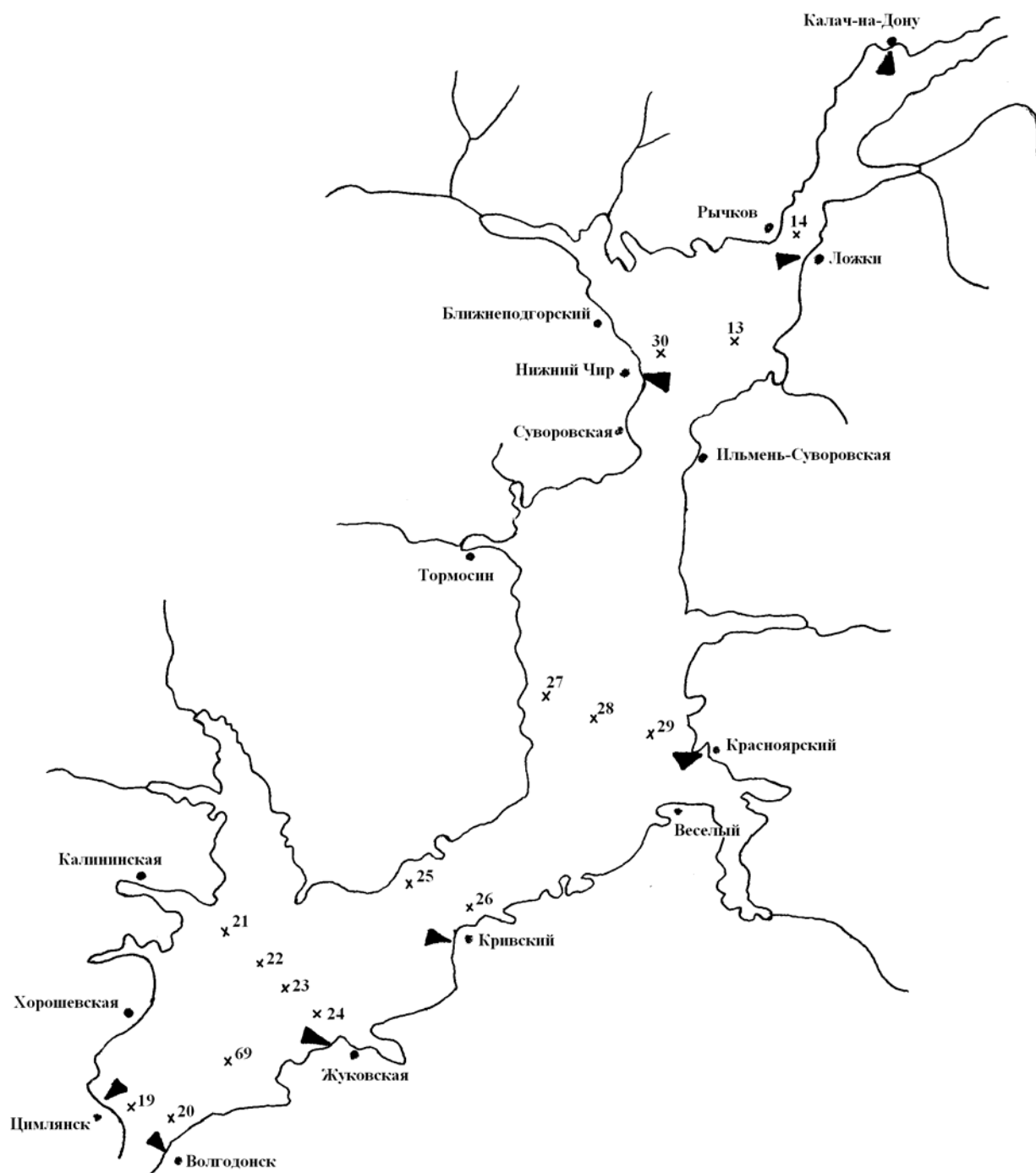


Рис. 1. Схема расположения пунктов наблюдений Росгидромета на Цимлянском водохранилище.

Условные обозначения:

▼ – пункты наблюдений;

\* - вертикали.

Таблица 1- Показатели развития фитопланктона на пунктах наблюдений Росгидромета на Цимлянском водохранилище

Пункты наблюдений (№№ вертикалей)	Годы наблюдений	Диапазон колебаний общей биомассы, мг/л (число проб)	Диапазон колебаний доли синезеленых в общей биомассе, %	Доля проб с синезелеными, %	Доля проб с высоким содержанием синезеленых, %
пгт. Нижний Чир (30)	1989-1991	1,14-15,13 (7)	2-99	71	40
х.Красноярский (27,28,29)	1984-1991	0,39-578,45 (57)	0,8-100	89	62
х.Кривской (26)	1987	0,42-33,24 (6)	2-92	100	50
с. Жуковское (21,22,23,24)	1984-1991	0,21-896,63 (55)	1-100	93	62
г.Цимлянск (19)	1987-1988	0,13-12,56 (10)	3-89	100	70
РоАЭС (69)	1989-1991	0,22-17,50 (8)	15-92	42	80
г.Волгодонск (20)	1984-1991	0,25-35,51 (36)	1-98	92	50
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Высокое содержание -</li> </ul>					

### Синезеленые водоросли Цимлянского водохранилища

В водохранилище обитают виды водорослей *Aphanisomenon flos-aquae*, *Anabaena flos-aquae*, *Microcystis aeruginosa*, которые, как известно, образуют и выделяют в водную среду токсины [2,8,10,11]. Токсины представляют собой сложные органические соединения, природа которых более или менее изучена на микроцистине - токсине, выделенном из *Microcystis aeruginosa*.

«Токсичные» виды часто доминируют в сообществе фитопланктона Цимлянского водохранилища, достигая в отдельные годы почти 100% общей биомассы синезеленых (таблица 2). Преобладание «токсичных» видов синезеленых, как установлено, отмечено не менее чем в 50% случаев «цветения» водоемов мира [11].

Таблица 2 – Развитие синезеленых водорослей и токсичных видов в Цимлянском водохранилище в разные годы наблюдений

Год наблюдений	Диапазон колебаний биомассы синезеленых, мг/л	Доля токсичных видов в биомассе синезеленых, %
1984	0,1711-7,3773	5,4-32,7
1985	0,8074-8,3324	5,1-53,2
1986	0,7496-188,8275	5,8-88,6
1987	0,0055-27,049	5,1-88,1
1988	0,1069-25,438	6,5-53,1
1989	0,13-896,63	13,2-98,4
1990	0,15-19,61	8,4-86,2

Наличие токсинов в водной экосистеме связано с особенностями жизнедеятельности синезеленых. Токсины образуются живыми клетками (Рис.2) и выделяются при их отмирании, оседании на дно, где образуют «депо» в донных отложениях. При дноуглубительных работах (очистке русла для судоходства, в частности) токсины могут попадать во все компоненты водной экосистемы.

При оседании на дно часть клеток сохраняет жизнеспособность; при повышении температуры они всплывают и начинают размножаться уже в водной толще (где снова могут выделяться токсины), а затем в поверхностном (фотическом) слое. **Таким образом, токсины образуются и выделяются в водную среду почти на всех основных этапах развития синезеленых.**

Особенности жизнедеятельности синезеленых [3,8,11 и др.] объясняют их устойчивость, адаптацию к неблагоприятным условиям среды и доминирование в



Рис. 2. Токсический компонент в жизнедеятельности сине-зеленых водорослей Цимлянского водохранилища.

альгоценозах. В то же время само наличие видов, известных как «токсичные», еще не доказывает факт образования токсинов. Недавние генетические исследования показали, что ген, ответственный за выработку токсинов, не всегда присутствует в генетическом аппарате этих видов [2]. Само образование токсинов, по-видимому, является адаптационно-защитным механизмом, способствует подавлению развития других видов водорослей благодаря аллелопатическим эффектам, что расширяет экологическую нишу токсичных видов.

Необходимо отметить, что убедительным подтверждением наличия токсинов в водной экосистеме Цимлянского водохранилища служат данные биотестирования токсичности природной воды и донных отложений водохранилища на дафниях, микроводорослях, парамециях. Такие данные получены в экспедиционных исследованиях в 1990 и 2006, 2007 гг. и указывают на возможный рост токсичности со временем.

Опасность интенсивного развития водорослей, кроме образования и выделения токсинов, заключается и в том, что в ходе жизнедеятельности в воду выделяются различные органические соединения. Последние могут быть идентифицированы только при хроматомасс-спектрометрическом анализе. Так, осенью 2009 г в пробах воды, отобранных нами в экспедиции на вертикали 19 (г.Цимлянск), обнаружены ацетон, следы (микрограммовые концентрации) 1-3 ядерных ароматических углеводов (ксилолов, производных нафталина и др.), карбоновых кислот жирного ряда, 2,4-дихлорбензойная кислота. В пробах было большое количество сине-зеленых, в т.ч. «токсичных» видов (*Aphanizomenon flos-aquae* и *Microcystis aeruginosa*).

Разложение отмерших водорослей в придонных слоях воды сопровождается образованием анаэробных зон, где скапливается метан и сероводород, а при заиленном дне могут выделяться меркаптаны, биогенные амины типа трупных ядов, аммиак. Дефицит растворенного кислорода, как правило, снижает устойчивость гидробионтов ко многим ядам органической и неорганической природы. Если описанные условия интенсивного «цветения» синезеленых водорослей охватывают значительную площадь на водном объекте, то это может привести к массовому замору рыб.

Борьба с «цветением» в настоящее время является одной из актуальных задач для всех континентальных водоемов. Для борьбы с цветением водоемов предложено много различных способов: механические, химические, биологические, технические, комбинированные [3,8 и др.]. Однако, все они неэффективны для крупных водохранилищ. В последнее время в России получил известность и рекламируется в Интернете метод с использованием в качестве антагониста синезеленых водорослей - хлореллы (планктонной

зеленой микроводоросли); эффект достигается путем смены видового состава фитопланктоценозов посредством внесения «альголизата» хлореллы. Результаты этой работы на Цимлянском водохранилище, по нашему мнению, не дают однозначно четкого положительного ответа о реальных сдвигах в составе фитопланктоценозов. Авторы и сами справедливо замечают, что осуществить перестройку альгоценозов и удержать их необходимый спектр пока не удается.

Таким образом, вопрос о методах, эффективных и приемлемых для использования в условиях Цимлянского водохранилища и учитывающих как его климато-географические особенности, эколого-токсикологическое состояние, так и антропогенные нагрузки, остается открытым.

### **Заключение**

Представленные данные позволяют заключить, что «цветение» Цимлянского водохранилища представляет опасность прежде всего из-за интенсивного развития синезеленых водорослей, среди которых роль «токсичных» видов весьма велика. Такие виды водорослей часто встречаются в Цимлянском водохранилище и в отдельные годы составляют до 98% биомассы синезеленых. Опасности подвергается водная экосистема водохранилища в целом, токсикофикация которой очевидна (что подтверждается результатами биотестирования, свидетельствующими о токсичности воды и донных отложений на ряде участков водохранилища в 2006-2007 гг.). Из-за использования воды для питьевого водоснабжения угроза касается и населения. Следует подчеркнуть, что проблема токсичности синезеленых в питьевом и рекреационном водопользовании признана Всемирной организацией здравоохранения приоритетной, во многих странах разработаны нормативы (ПДК) на содержание микроцистина, разработаны программы мониторинга «токсичного цветения», установлены мероприятия по предупреждению неблагоприятного воздействия на здоровье населения. В нашей стране этой проблеме уделяется недостаточно внимания, а научные исследования по токсичности массовых видов водорослей при «цветении», единичны [2,5,6].

Данные государственного мониторинга не только не обеспечивают наблюдений за токсичностью компонентов водных экосистем, но и не позволяют получить достаточно полную оценку эколого-токсикологического состояния Цимлянского водохранилища, прежде всего из-за отсутствия гидробиологических наблюдений и регулярного контроля трофности. Несмотря на очевидную роль биогенных элементов в трофическом статусе Цимлянского водохранилища, многие факторы «цветения», определяющие его эколого-токсикологическое состояние, тенденции и направленность многолетних изменений все еще недостаточно изучены.



Проблема борьбы с «цветением» применительно к Цимлянскому водохранилищу остается открытой, требует углубленного изучения и проведения научно-технических работ, направленных, прежде всего на улучшение общей эколого-токсикологической ситуации, особенно на участках интенсивного использования водохранилища в народном хозяйстве. В настоящее время сложилась напряженная обстановка, которая может приводить к ЧС, как это произошло, например, в октябре 2009 г.

### Литература

1. ГОСТ 17.1.1.01-77.
2. Кожевников И.В., Кожевникова Н.А., Скоробогатько Н.Е. Изучение потенциальной микроцистин-токсичности сине-зеленых водорослей Красноярского водохранилища. /Материалы III Всероссийской конференции по водной токсикологии посв.памяти Флерова Б.А. Антропогенное влияние на водные организмы и экосистемы. Ч. 3. Борок, 11-16 ноября 2008 г. - Борок, ООО «Ярославский печатный двор», 2008, С. 47-51.
3. Константинов А.С. Общая гидробиология, М.: Высшая школа, 1986. - 472 с.
4. А.М.Никаноров, В.А.Брызгалю. «Пресноводные экосистемы в условиях антропогенного эвтрофирования, СПб., Гидрометеиздат,1999.- 266 с.
5. Пряхин Е.А., Тряпицына Г.А., Ячменев В.А. и др. Оценка токсических свойств цианобактерий Шершневого водохранилища Челябинской области// Гигиена и санитария, 2008, №1.- С 73-75.
6. Тихонова И.В.Белых О.И. и др. Анализ цианобактерий озера Байкал и Усть-Илимского водохранилища на наличие гена синетеза микроцистина.// Доклады АН , 2006, Т.409 (3). - С.1-3.
7. Сапунов В.Б. и др. Три составляющих процесса эвтрофикации: динамика биогенов, биомассы и биоразнообразия. Прогноз и управление // Экологическая химия, 2009, №.18, С.46-54.
8. Сиренко Л.А. Физиологические основы размножения синезеленых водорослей в водохранилищах. Киев: Наукова думка, 1972.-203 с.
9. Цыба Н.П., Позднякова А.Н., Семенов А.Д. О продуцировании и деструкции органического вещества в Цимлянском водохранилище //Гидрохимические материалы. 1975, № 64.- С.127-136.
10. Pranita Jaiswal, Pawan Kumar Singh, and Radha Prasanna. Cyanobacterial bioactive molecules — an overview of their toxic properties // J. Microbiol. Vol. 54, 2008.- P.701-717.
11. Toxic Cyanobacteria in water: A guide to their public health consequences. Monitoring and management. WHO 1999.