

# ИННОВАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ АКВАКУЛЬТУРЫ, ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА И ПЕРЕРАБОТКИ ПРОДУКЦИИ ИЗ ЖИВОТНОГО СЫРЬЯ. БИОРАЗНООБРАЗИЕ И БИОПРОДУКТИВНОСТЬ НАЗЕМНЫХ И ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ

УДК 574.55

## СТРУКТУРНЫЙ СОСТАВ ЦИАНОБАКТЕРИЙ И ВЕРОЯНОСТЬ ЕГО ВЛИЯНИЯ НА ГИБЕЛЬ РЫБЫ

Апсолихова Ольга Дмитриевна, к.б.н., доцент,  
Попиначенко Таисия Ивановна, научный сотрудник,  
Лишко Владислав Иванович, младший научный сотрудник,  
Костоусов Владимир Геннадьевич, к.б.н., доцент,  
Республиканское Унитарное Предприятие «Институт рыбного хозяйства»  
Республиканское Унитарное Предприятие «Научно-практический центр Национальной  
академии наук Беларуси по животноводству»

## THE STRUCTURAL COMPOSITION OF CYANOBACTERIA AND THE LIKELIHOOD OF ITS INFLUENCE ON FISH DEATH

Apsolikhova Olga, PhD, [lablakeirh@gmail.com](mailto:lablakeirh@gmail.com),  
Popinachenko Taisiya, research scientist, [lablakeirh@gmail.com](mailto:lablakeirh@gmail.com),  
Lishko Vladislav, junior researcher, [lablakeirh@gmail.com](mailto:lablakeirh@gmail.com),  
Koustousov Vladimir, PhD, [ykoustousov@tut.by](mailto:ykoustousov@tut.by),  
Republican Unitary Enterprise «Fish Industry Institute» of the Republican Unitary Enterprise  
«Scientific and Practical Center of the Belarus National Academy for Sciences  
on Animal Husbandry»

*На 27 водоемах Беларуси, в которых ранее были отмечены не мотивированные (не связанные с зимними заморами или залповыми сбросами токсикантов) случаи гибели рыб, изучен состав и количественное развитие фитопланктона. Всего отмечено наличие 87 различных таксонов водорослей, относимых к 6 отделам. Установлено, что массовое развитие сине-зеленых водорослей на водоемах не несет токсического воздействия на их ихтиофауну. Гибель рыбы была отмечена как в периоды с высоким, так и с низким удельным значением цианобактерий.*

**Ключевые слова:** водоемы, водохранилища, водотоки, фитопланктон, цианобактерии.

*In 27 reservoirs of Belarus, where unmotivated (not related to winter freezes or volley discharges of toxicants) cases of fish death were previously noted, the composition and quantitative development of phytoplankton were studied. In total, 87 different algae taxa were found, belonging to 6 divisions. It was established that the mass development of blue-green algae in water bodies does not have a toxic effect on their ichthyofauna. Fish deaths were noted both in periods with high and low specific values of cyanobacteria.*

**Keywords:** water bodies, reservoirs, watercourses, phytoplankton, cyanobacteria.

Фитопланктон является обязательным и средообразующим компонентом водных экосистем, определяющим продукционные возможности водоемов и условия обитания рыб. Массовое развитие («цветение») и последующее отмирание клеток водорослей способствует ухудшению качества воды вследствие образования большого количества вторичных метаболитов. Отдельные компоненты сообщества (сине-зеленые или цианобактерии) способны вырабатывать токсические вещества, которые при массовом развитии этих водорослей могут вызывать гибель рыб, либо способствовать накоплению в мясе рыб цианотоксинов (микроцистинов) с последующим отравлением потребителей [1]. Участвовавшие случаи летней не мотивированной гибели рыб в водоемах Бела-

руси позволили высказать предположение о возможном воздействии комплекса факторов внешней среды, негативно влияющих на отдельные виды рыб, в том числе уровней количественного развития фитопланктона («цветения») и значения в его составе потенциально токсичных цианобактерий.

Всего было собрано и обработано 62 пробы фитопланктона из 27 водных объектов шести областей Беларуси и г. Минска. Для характеристики сообщества микроводорослей отбирали пробы и обрабатывали собранный материал фитопланктона в соответствии с общепринятыми методиками [2]. Особое внимание было уделено выявлению потенциально токсиногенных форм цианобактерий (сине-зеленых).

Сообщество планктонных водорослей в анализируемых водоемах было представлено таксонами основных систематических групп, определяющих интенсивность «цветения» водоемов. Всего установлено наличие 87 различных таксонов водорослей, относимых к 6 отделам. Наиболее разнообразно представлены зеленые (33 формы или 37,9 % от общего числа установленных таксонов), диатомовые (24 и 27,6 %) и сине-зеленые (19 и 22,8 %) водоросли. Биоразнообразие других групп (пирофитовых, эвгленовых, золотистых) существенно ниже и представлено от 3 до 4 таксонов. Максимальные показатели численности и биомассы водорослей зафиксированы для: оз. Усвея 7875,0 тыс.экз./л и 36,96 мг/л; вдхр. Волчковичи – 14750,0 тыс. экз./л и 45,21 мг/л, Крыницы-4843,75 тыс. экз./л и 31,24 мг/л, Курасовщинское – 96,25,0 тыс.экз./л и 37,34 мг/л, Чигиринское – 2819,34 тыс.экз./л и 47,24 мг/л, Стайки- 1437,5 тыс.экз./л и 13,92 мг/л, Миничи – 4796,8 тыс. экз./л и 22,46 мг/л; рек Ведыма – 481637,0 тыс. экз./л и 96,51 мг/л, Сенница – 17500,0 тыс.экз./л и 98,43 мг/л, Свислочь – 5685,41 тыс.экз./л и 30,99 мг/л, Лошица – 5500,0 тыс.экз./л и 22,13 мг/л; канала Слепянской водной системы – 7750,0 тыс.экз./л и 21,87 мг/л соответственно.

Наличие такого уровня развития в указанных водных объектах в большинстве случаев обеспечивалось относительно небольшим числом доминирующих форм – преимущественно сине-зеленых, зеленых и диатомовых водорослей (например, в вдхр. Стайки – зеленые до 55,2 %, сине-зеленые – до 36,7% в составе общей биомассы водорослей, в оз. Усвея сине-зеленых - до 57,8 %, зеленых - до 35,5 % от общей биомассы) Следует отметить, что не во всех случаях с высокими показателями развития фитопланктона («цветением») имела место гибель рыб.

Доминирующей по отдельным водоемам по количественному развитию группой в летний период выступают сине-зеленые водоросли, среди которых зафиксированы и потенциально токсиногенные виды рр. *Microcystis*, *Anabaena*, *Oscillatoria* и *Aphanizomen* (таблица). Максимальные показатели долевого значения развития сине-зеленых установлены для вдхр. Крыницы (81,3% в составе общей биомассы водорослей), р. Ведыма (99,8%), р. Сенница (74,2 %), р. Свислочь (74,9 %), вдхр. Чижовское (60,8 %). В настоящее время массовое развитие цианобактерий рассматривается как реальная угроза для экологической и экономической устойчивости пресноводных экосистем [1]. Повышение концентраций биогенных веществ в воде не только способствует массовому развитию цианобактерий, но и влияет на токсичность среды в результате этого явления [3]. Если уровень развития сообщества в целом воздействует на среду обитания рыб, то количественное развитие и таксономический состав сине-зеленых водорослей (цианобактерий) способны повлиять на физиологический статус рыбы и ее жизнедеятельность через выделение цианотоксинов. Повышение содержания цианотоксинов в среде может происходить как в результате прямого воздействия биогенных элементов, при увеличении скорости продуцирования микроцистинов в каждой водорослевой клетке, так и косвенно – в результате увеличения численности и биомассы вида продуцента [3]. По результатам планктонных съемок нами выделено 10 таксонов цианобактерий из 19 выявленных, потенциально рассматриваемых как источники цианотоксинов (таблица).

Таблица – Видовой состав и относительная численность цианобактерий по обследованным водным объектам

| Вид и отдел водорослей    | Сине-зеленые                  |                        |                                |                              |                                   |                               |                            |                           |                               |                            |                              |                      |                         |                          |                               |                  |                               |
|---------------------------|-------------------------------|------------------------|--------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|----------------------------|---------------------------|-------------------------------|----------------------------|------------------------------|----------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------------|------------------|-------------------------------|
|                           | 1                             | 2                      | 3                              | 4                            | 5                                 | 6                             | 7                          | 8                         | 9                             | 10                         | 11                           | 12                   | 13                      | 14                       | 15                            | 16               | 17                            |
|                           | <i>Microcystis aeruginosa</i> | <i>Microcystis sp.</i> | <i>Microcystis wesenbergii</i> | <i>Microcystis pulvereae</i> | <i>Aphanizomenon flos – aquae</i> | <i>Anabaena scheremetievi</i> | <i>Anabaena flos-aquae</i> | <i>Anabaena spiroides</i> | <i>Oscillatoria limnetica</i> | <i>Oscillatoria amoena</i> | <i>Oscillatoria redeckei</i> | <i>Spirulina sp.</i> | <i>Merismopedia sp.</i> | <i>Synechococcus sp.</i> | <i>Coelastphaerium dubium</i> | <i>O. amoena</i> | <i>Gomphosphaeria aponina</i> |
| вдхр. Комсомольское озеро | -                             | -                      | -                              | -                            | -                                 | -                             | -                          | -                         | -                             | -                          | -                            | -                    | -                       | -                        | -                             | -                | -                             |
| вдхр. Цнянское            | 1                             | -                      | -                              | -                            | -                                 | -                             | -                          | -                         | -                             | -                          | -                            | -                    | -                       | -                        | -                             | -                | -                             |
|                           | 1                             | 2                      | 3                              | 4                            | 5                                 | 6                             | 7                          | 8                         | 9                             | 10                         | 11                           | 12                   | 13                      | 14                       | 15                            | 16               | 17                            |
| вдхр. Дрозды              | 4                             | -                      | -                              | -                            | -                                 | -                             | -                          | -                         | -                             | -                          | -                            | -                    | -                       | -                        | -                             | -                | -                             |
| вдхр. Криница             | 3                             | 3                      | -                              | -                            | -                                 | -                             | -                          | -                         | -                             | -                          | -                            | -                    | -                       | -                        | -                             | -                | -                             |
| вдхр. Чижевское           | 4                             | -                      | -                              | -                            | -                                 | -                             | -                          | -                         | -                             | -                          | -                            | -                    | -                       | -                        | -                             | -                | -                             |
| вдхр. Дубровское          | 1                             | -                      | -                              | -                            | 2                                 | -                             | -                          | -                         | 1                             | -                          | -                            | -                    | -                       | -                        | -                             | -                | -                             |
| вдхр. Миници              | 1                             | 1                      | -                              | -                            | 1                                 | 1                             | 2                          | 1                         | 1                             | -                          | -                            | -                    | -                       | -                        | -                             | -                | -                             |
| вдхр. Заславское          | -                             | 1                      | -                              | -                            | -                                 | -                             | 1                          | -                         | -                             | -                          | -                            | -                    | -                       | -                        | -                             | -                | -                             |
| вдхр. Крыницы             | 1                             | -                      | -                              | -                            | -                                 | -                             | 1                          | -                         | 1                             | 1                          | -                            | -                    | -                       | -                        | -                             | -                | -                             |
| вдхр. Волковичи (Птичь)   | 1                             | 1                      | -                              | -                            | 4                                 | -                             | -                          | -                         | 3                             | -                          | -                            | -                    | -                       | -                        | -                             | -                | -                             |
| р. Свислочь               | 4                             | -                      | -                              | 1                            | 3                                 | -                             | 1                          | 1                         | 1                             | 2                          | -                            | 1                    | -                       | -                        | 1                             | -                | -                             |
| Слепянская водная система | -                             | 1                      | -                              | -                            | -                                 | -                             | -                          | -                         | -                             | 1                          | 1                            | -                    | 1                       | -                        | -                             | -                | -                             |
| р. Лошица                 | 2                             | 2                      | -                              | -                            | -                                 | 3                             | -                          | -                         | -                             | -                          | -                            | -                    | -                       | -                        | -                             | -                | -                             |
| р. Сенница                | 1                             | -                      | 4                              | -                            | 1                                 | -                             | -                          | -                         | -                             | 1                          | 1                            | -                    | -                       | -                        | -                             | -                | -                             |
| вдхр. Чигиринское         | 1                             | 1                      | -                              | -                            | 1                                 | -                             | -                          | -                         | 1                             | 1                          | 1                            | -                    | -                       | -                        | -                             | -                | -                             |
| вдхр. Осиповичское        | 1                             | -                      | -                              | -                            | -                                 | -                             | -                          | -                         | -                             | -                          | -                            | 1                    | -                       | -                        | -                             | -                | -                             |
| вдхр. Дрозды              | -                             | -                      | -                              | -                            | -                                 | 1                             | -                          | -                         | 1                             | -                          | 1                            | -                    | -                       | -                        | -                             | -                | -                             |
| дхр. Дубровское           | -                             | -                      | -                              | -                            | 1                                 | -                             | -                          | -                         | -                             | -                          | -                            | -                    | -                       | -                        | -                             | -                | -                             |
| р. Щара                   | -                             | -                      | -                              | -                            | -                                 | -                             | -                          | -                         | 2                             | -                          | 2                            | 1                    | -                       | -                        | -                             | -                | -                             |
| р. Ведьма                 | 2                             | -                      | -                              | -                            | -                                 | -                             | -                          | -                         | -                             | -                          | -                            | -                    | -                       | 1                        | -                             | -                | -                             |
| вдхр. Селец               | -                             | -                      | -                              | -                            | 1                                 | -                             | -                          | -                         | 1                             | -                          | 1                            | -                    | -                       | 1                        | 1                             | -                | -                             |
| вдхр. Тетеринское         | -                             | -                      | -                              | -                            | 3                                 | -                             | 1                          | -                         | -                             | -                          | -                            | -                    | -                       | -                        | -                             | -                | -                             |
| вдхр. Стайки              | 1                             | -                      | -                              | -                            | -                                 | 1                             | 1                          | -                         | -                             | -                          | -                            | -                    | -                       | -                        | -                             | -                | -                             |
| вдхр. Гродненское         | -                             | -                      | -                              | -                            | -                                 | -                             | -                          | -                         | -                             | -                          | -                            | -                    | -                       | -                        | -                             | 1                | -                             |
| Оз. Усвея                 | 1                             | -                      | -                              | -                            | -                                 | -                             | 3                          | -                         | 3                             | -                          | 4                            | -                    | -                       | -                        | 1                             | -                | -                             |
| вдхр. Зельвянское         | 2                             | -                      | -                              | 1                            | -                                 | -                             | -                          | -                         | -                             | -                          | 2                            | -                    | -                       | -                        | 1                             | -                | -                             |
| Оз. Луком-льское          | -                             | -                      | -                              | -                            | -                                 | -                             | -                          | -                         | -                             | -                          | -                            | -                    | -                       | -                        | -                             | -                | -                             |

Примечание - выделены потенциально токсиногенные формы:

- - не отмечен;

1 - встречается;

2 - обычен;

3 - многочисленный;

4 - очень многочисленный

Наиболее часто встречаются представители рр. *Microcystis* и *Anabaena*. В Беларуси цианотоксины были идентифицированы в нескольких водных объектах [4], в т.ч. в период проведения исследований для р. Свислочь, Заславского вдхр. и вдхр. Птичь. В рассматриваемой системе водных объектов потенциально токсичные сине-зеленые отмечены по 15 точкам и створам наблюдений, а их видовое разнообразие колеблется в пределах 1-6 форм. Наиболее разнообразно представлены водоросли рр. *Microcystis*, *Oscillatoria* и *Anabaena*. Сравнительный анализ известных случаев массовой гибели рыбы и уровня количественного развития планктонных водорослей не дает оснований о наличии их прямой связи. Гибель рыб наблюдалась как на пике развития фитопланктона («цветения»), так и при умеренных или относительно небольших его значениях. Очевидно, что непосредственно степень развития водорослей может оказывать влияние на газовый режим (по примеру рыбоводных прудов с дневными максимумами и ночными минимумами содержания кислорода, и обратными величинами содержания углекислоты) и опосредованно на бактериальный фон водоема при деструкции отмирающих клеток.

Таким образом состав планктонных сообществ представлен рядом таксонов водорослей, определяющих уровень развития и интенсивность «цветения» воды. Доминирующее значение по ряду водоемов на момент обследования приобрели сине-зеленые водоросли (цианобактерии), помимо них существенное значение имели зеленые и диатомовые водоросли. Таксономический состав и количественное развитие водорослей подчеркивают эвтрофный характер водных объектов. В составе сообщества цианобактерий преобладающее значение имели потенциально токсичные представители р. *Microcystis*.

Не нашло подтверждения предположение о токсическом воздействии массового развития сине-зеленых водорослей, на случаи не мотивированной гибели рыб, поскольку в прежние годы они были отмечены как на участках с высоким удельным значением микроцистин, так и на участках с их низким значением. Последнее дает основание предполагать комплексный характер причин гибели рыбы.

#### Список использованных источников

1. Kangur, K Strong cyanobacterial bloom and fish kill in Lake Peipsi in summer 2002 / K Kangur // Management of Transboundary Water on the European Fringe (MANTRA-East) Newsletter. – 2002. – Т. 5, № 6. – р. 6.
2. Оксийук, О. П. Комплексная экологическая классификация качества поверхностных вод суши / О. П. Оксийук // Гидробиологический журнал. – 1993. – Т. 29, № 4. – С. 62-76.
3. A review of the effect of trace metals on freshwater cyanobacterial growth and toxin production / J. F. Facey, S. C. Arte, M. Simon [et al.] // Toxins. – 2019. – Т. 11, № 643. – р. 1.
4. Фитопланктон рекреационных и городских водоемов г. Минска / Костоусов В. Г. Костоусов, Т. И. Попиначенко, В. Д. Сенникова, О. Д. Апсолихова // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси. – 2022. – № 37. – С. 201-215.