

ТОКСИЧНЫЕ ЦВЕТЕНИЯ ФИТОПЛАНКТОНА В ВОДОЕМАХ И ВОДОТОКАХ БЕЛАРУСИ

TOXIC BLOOMS OF PHYTOPLANKTON IN WATER BODIES AND STREAMS OF BELARUS

Б. В. Адамович, М. А. Мыслейко
B. V. Adamovich, M. A. Myslejko

*Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь,
belaqualab@gmail.com
Belarusian State University, Minsk, Belarus*

Проблема массового развития планктонных микроводорослей и цианобактерий является в настоящее время одной из наиболее актуальных мировых проблем в области изучения и рационального использования водных ресурсов. Продуцирование токсинов цианобактериями было уставлено для ряда озер, водохранилищ, рек и рыбоводческих прудов. Токсичные цветения были обнаружены, в том числе, в водохранилищах Вилейско-Минской водной системы, активно используемых в рекреационных целях. В ряде водоемов токсичные цветения приводят к ухудшению состояния и даже гибели рыбы, и, следовательно, к существенным экономическим потерям. Масштаб и влияние токсичных цветений на гидробионтов и пользователей водных объектов известен только в общих чертах и требует дальнейшего изучения. Очевидна также необходимость разработки и установления нормативов по содержанию токсинов цианобактерий в поверхностных водах и также выработка механизмов снижения негативных последствий от токсичных цветений в водоемах республики.

The problem of mass development of planktonic microalgae and cyanobacteria is currently one of the most pressing global issues in the field of studying and rational use of water resources. The production of toxins by cyanobacteria has been observed in a number of lakes, reservoirs, rivers, and fish farming ponds. Toxic blooms have been detected, including in the reservoirs of the Vileyka-Minsk water system, which are actively used for recreational purposes. In some water bodies, toxic blooms lead to deterioration of the state and even death of fish, and therefore to significant economic losses. The scale and impact of toxic blooms on hydrobionts and users of water bodies are known only in general terms and require further study. It is also evident the need for the development and establishment of norms for the content of cyanobacterial toxins in surface waters, as well as the development of mechanisms to reduce the negative consequences of toxic blooms in the republic's water bodies.

Ключевые слова: водные экосистемы, цианобактерии, цветение воды, токсины.

Keywords: aquatic ecosystems, cyanobacteria, water bloom, toxins.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-151-153>

Одним из основных богатств Беларуси является большое количество водных объектов, что создает предпосылки для развития уникального рекреационного потенциала нашей страны. Однако, в результате многократного воздействия гидростроительства, промышленного и бытового водопользования, химического и теплового загрязнения, промысла к настоящему времени трансформированы экосистемы почти всех крупных рек республики и многих крупных водоемов. При этом происходит изменение гидрохимического и санитарно-гигиенического режимов, нарушается структура биологических сообществ, изменяется степень эвтрофирования.

Поступление аллохтонных органических веществ с водосборного бассейна стимулирует развитие первичных продуцентов в водных экосистемах, и как следствие интенсифицирует их самоочистительную способность. В то же время, постоянный приток аллохтонной органики и ответ на это экосистемы в виде увеличения первичной продукции может приводить к тому, что сам фитопланктон становится причиной вторичного органического загрязнения. Причем, как показали многие исследования, развитие в фитопланктоне определенных групп организмов (в основном цианобактерий) может служить фактором существенного вторичного токсического загрязнения [1–2]. Самоочистительная способность экосистемы может не справляться с постоянным и все более нарастающим органическим и токсическим загрязнением. Первичные планктонные продуценты, обеспечивающие новообразование органического вещества и обогащение воды кислородом в результате процесса фотосинтеза играют определяющую роль в экосистеме водоема. Однако чрезмерное развитие микроводорослей нередко приводит к резким негативным изменениям и отражается на всех звеньях трофической цепи. В особенности это относится к гиперразвитию в воде цианопрокариот, способных в считанные дни, а иногда и часы, достигать огромных величин биомассы.

Проблема массового развития планктонных микроводорослей и цианобактерий является в настоящее время одной из наиболее актуальных мировых проблем в области изучения и рационального использования водных

ресурсов. Быстрое увеличение биомассы водорослей часто приводит к массовой гибели рыбы, загрязнению рыбопродуктов токсинами, отрицательно влияет на экосистемы и оказывает другие негативные воздействия, которые в настоящее время получили названия «вредоносное цветение водорослей» (Harmful Algal Bloom – HAB). Основной объем исследований по данной тематике посвящен различным зонам мирового океана [1], однако в последние годы появляется все больше работ по изучению водорослей, вызывающих «цветение» (преимущественно цианобактерий), в озерах различных регионов [1-3].

В качестве основы для национальных стандартов и нормативных значений для питьевой воды большинство стран ориентируется на рекомендации ВОЗ. При использовании в качестве источника питьевой воды содержание микроцистин-LR не должно превышать 1 мкг/л (в случае единовременного употребления), или 0,04 мкг/кг суточной дозы (Tolerable Daily Intake, TDI). Для рекреационного использования водоемов большинство стран основывают нормативы на параметре, отражающем биомассу цианобактерий, чтобы не привязывать нормативы к конкретному варианту цианотоксина. Если в нормативы включена непосредственно концентрация микроцистина, то принятие мер в таких случаях инициируется при значении от 12,5 до 100 мкг/л. При этом уровни и типы мер могут быть разными. В ряде стран (Канада, Чехия, Сингапур, Южная Африка, Уругвай) регулируется только микроцистин-LR, в то время как в ряде других прямо или косвенно используют это значение по умолчанию и для других микроцистинов. В ряде стран нормированы также показатели по другим цианотоксинам (Австралия, Бразилия, Канада, Новая Зеландия и др.) Для источников питьевого водоснабжения в качестве контролируемых параметров используются концентрации непосредственно самих токсинов и численность клеток цианобактерий. Для рекреационных источников – численность клеток цианобактерий, концентрация хлорофилла, % цианобактерий, наличие потенциально токсичных видов. В некоторых странах также используются концентрации непосредственно самих токсинов (Франция, Италия, Германия, Венгрия, Дания, Канада, Новая Зеландия и др.) [2].

В НИЛ гидроэкологии БГУ впервые были проведены исследования по выявлению очагов токсичных цветений в водоемах Беларуси [3]. Продуцирование токсинов цианобактериями было уставлено для ряда озер, водохранилищ, рек и рыбоводческих прудов [4]. Особенно важно, на наш взгляд, обнаружение сильных и токсичных цветений в водохранилищах Вилейско-Минской водной системы, активно используемых в рекреационных целях (рис 1). В рыбоводческих прудах токсичные цветения могут приводить к ухудшению состояния и даже гибели рыбы, и, следовательно, к существенным экономическим потерям. Исследования на реке Вилия показали, что формирования очагов токсичных цветений устьевых участков крупных рек, в частности Куршского залива, может формироваться в верхних течениях водотоков [5]. Также было показано, что быстрый переход озера из макрофитного в эвтрофный водоем может сопровождаться регулярным токсичным цветением фитопланктона [6]. Цианобактерии, имеющие гены белков мультиферментного комплекса синтеза микроцистинов, выявлены во многих исследованных нами водоемах. При этом, судя по данным световой микроскопии, в этих водоемах именно цианобактерии занимали доминирующее положение в формировании очагов цветения.



Рисунок 1 – Цветение фитопланктона в оз. Комсомольское в г. Минске, 30.06.2022.
Содержание хлорофилла-а в воде – 1901 мкг/л.

Метод ПЦР позволяет быстро и с малыми затратами установить, является ли изучаемый водоем потенциально опасным. Однако, этого еще недостаточно для оценки реальной токсикологической обстановки. В этой связи перспективным видится использование методов количественного анализа токсинов в среде. Среди них: иммуноферментный анализ проб воды и высокоэффективная жидкостная хроматография. Данные методы позволяют получить количественные данные о концентрации токсина непосредственно в пробах воды. Однако они более дорогостоящие, требуют сложного оборудования и временных затрат. Поэтому, видится целесообразным применение комплексного подхода в оценке безопасности водоемов, включающего: методы световой микроскопии и ПЦР на первой стадии, выявляющих потенциально опасные образцы воды, и методы количественного анализа (иммуноферментный анализ (ИФА) и высокоэффективная жидкостная хроматография (ВЭЖХ) с масс-спектрометрией) этих образцов для оценки их токсичности (рис. 2). Кроме того, важным видится изучение основных факторов среды, определяющих развитие фитопланктона (содержание биогенных элементов, органического вещества и т.п.), что позволит установить сочетание условий наиболее благоприятных для массового развития цианобактерий в водоемах и водотоках Беларуси.

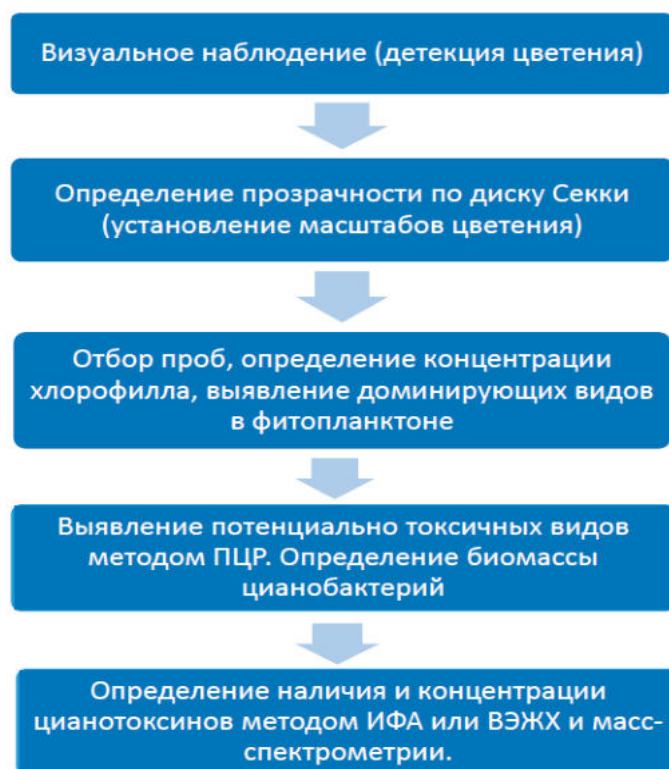


Рисунок 2 – Предлагаемая схема рационального мониторинга цветений фитопланктона

Таким образом, установлено, что токсичные цветения являются распространённым явлением в водоемах Беларуси. Их масштаб и влияния на гидробионтов и пользователей водных объектов известен только в общих чертах и требует дальнейшего изучения. Очевидным также является необходимость разработки и установления нормативов по содержанию токсинов цианобактерий в поверхностных водах и также выработка механизмов снижения негативных последствий от токсичных цветений в водоемах республики.

Отдельные этапы работы выполнены при поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований и Министерства образования Республики Беларусь.

ЛИТЕРАТУРА

1. GEONAB (Global Ecology and Oceanography of Harmful Algae Blooms), Science Plan / Eds P. Glibert, G. Pitcher. – Baltimor, Paris: SCOR and IOC, 2001. – 86 p.
2. Current Approaches to Cyanotoxin Risk Assessment, Risk Management and Regulations in Different Countries / Ed. I. Chorus. – Berlin: Umweltbundesamt, 2012. – 151 p.
3. Михеева Т.М. Первые исследования наличия цианотоксинов в водоемах и водотоках Беларуси. Журнал Белорусского государственного университета / Т.М. Михеева // Экология. – 2021. – №1. – С.52–61.
4. Выявление потенциально токсичных цианобактерий в водоемах Беларуси методом полимеразной цепной реакцию / С.В. Ризевский [и др.]. // Труды БГУ. – 2016. – Том 11, часть 2. – С. 368–372
5. Phytoplankton of the transboundary River Viliya (Neris): community structure and toxic cyanobacterial blooms / B. Adamovich [et al.]. // Baltica. – 2021. – Vol.34 (2). – P. 174–184.
6. Phytoplankton of Lake Bol'shie Shvakshty (Belarus) during the Shift of the Ecosystem from a Macrophyte–Weakly Eutrophic to a Phytoplankton–Hypereutrophic State / T. M. Mikheyeva [et al.]. // Contemporary Problems of Ecology, 2018. – 11. – P. 563–575.