

**УДК 556.52:502.171**

Э.М. САФИУЛЛИН, студент гр. ХТОО-12м (ЯГТУ)  
Научный руководитель О.В. ЛАДЫГИНА, к.т.н., доцент (ЯГТУ)  
г. Ярославль

## **ПРИНЦИПЫ УСТОЙЧИВОГО УПРАВЛЕНИЯ ВОДНЫМИ ОБЪЕКТАМИ**

На сегодняшний день поверхностные воды испытывают серьезную антропогенную нагрузку, связанную с поступлением промышленных стоков, а также сбросами объектов сельскохозяйственного назначения и канализационных систем городов. [1-3] Излишки органических веществ и элементов минерального питания могут привести к такому серьезному изменению в экосистеме водоемов, как эвтрофикация. Эвтрофикация — это процесс увеличения скорости поступления органического вещества в экосистему, связанный с избыточным обогащением водоёма питательными элементами (в частности, фосфором и азотом).

Повышение содержания биогенных элементов ведет к увеличению биомассы цианобактерий и других водорослей [4], что приводит к неблагоприятным условиям для жизнедеятельности гидробионтов, а именно — к снижению уровня растворенного кислорода, повышению показателей цветности и мутности, а также увеличению массы токсинов. [5], [6]

Решить проблему эвтрофикации и цветения водорослей может активное управление водными объектами. С этой целью необходимо комплексное рассмотрение влияния данного процесса загрязнения. В частности, эвтрофикацию необходимо изучать в рамках трех аспектов: экологическом, экономическом и социальном.

Существенный вред водным обитателям причиняют водоросли отдела *Cyanophyta*; они также могут вызывать заболевания человека посредством вырабатываемых ими цианотоксинов. [7] Экономические издержки от эвтрофирования водоемов связаны с потерей биоразнообразия и, как следствие, утратой рыбного промысла, а также затратами на последующее восстановление и поддержание гомеостаза экосистемы. [8] Нельзя не учитывать и социальную роль водоемов как рекреационных зон для оздоровления и отдыха населения. Отметим также, что приведенные выше аспекты связаны между собой и необходимы к рассмотрению в комплексе, что необходимо для четкой и скординированной работы над предотвращением будущих и ликвидацией существующих последствий эвтрофикации.

Водоём — это сложная система, на которую оказывают влияние физические, химические и биологические факторы. Принцип активного устойчивого управления водными объектами заключается в учёте и

мониторинге всех трех названных аспектов, оказывающих влияние на качество воды. Строгое понимание процессов, происходящих на каждом конкретном объекте, может дать и представление о целях управления озёрами, реками или водохранилищами для их устойчивого развития.

Физические факторы характеризуют сток в водоём и из него, количество испарения, а также среднее время пребывания воды. Известно, что в условиях высокого стока последний показатель будет меньше, что является лимитирующим фактором для развития цианобактерий. Однако при этом поступление азота, фосфора и тяжелых металлов возрастает [9].

Необходимо также учитывать и морфометрические показатели водоёма — такие, как средняя глубина, протяженность, коэффициенты открытости и удлиненности. Температурный режим водоёма также является важной переменной, по которой можно судить о химико-биологических процессах в экосистеме. К примеру, более активный рост сине-зеленых водорослей связан с повышением температуры в водоёме. [10]

В свою очередь, к химическим факторам, оказывающим влияние на экосистему водоёма, относят сток биогенных элементов. Обильный прирост биомассы водорослей обычно сопровождается повышенными концентрациями общего азота и фосфора в воде.

Наконец, под биологическими факторами понимают влияние на вредное цветение водорослей сложных трофических взаимодействий внутри водоёма. Наличие растений-макрофитов, видовое разнообразие зоопланктона и хищной рыбы — это показатели, которые необходимо исследовать для понимания процесса эвтрофикации. [11]

Для осуществления устойчивого управления водоёмами нами решены следующие задачи:

- Изучено влияние повышения температуры в водоёмах на рост цианобактерий;
- Проанализировано влияние биологических элементов, поступающих в водный объект со сточными водами, на развитие сине-зелёных водорослей;
- Предложены мероприятия по снижению эвтрофикации водоёмов.

В результате проведённых исследований можно прийти к следующим выводам. Рост сине-зеленых водорослей зависит от различных факторов, — в частности, от повышения температуры и поступления биогенных элементов, что в итоге приводит к эвтрофикации водоёмов. Снизить её можно с помощью выполнения ряда мероприятий, основными среди которых могут выступать буферные водоёмы с растениями-макрофитами для снижения стока фосфора и азота; регулирование трофических взаимоотношений; комплексное применение альгицидов и химических флокулянтов.

Список литературы:

1. О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2020 году. Государственный доклад. – М.: Минприроды России; МГУ имени М.В. Ломоносова, 2021. – 864 с.
2. Указ президента РФ от 19.04.2017 № 176 «О Стратегии экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года» // Собрание законодательства РФ, 24.04.2017, № 17, ст. 2546.
3. “Водный кодекс Российской Федерации” от 03.06.2006 № 74-ФЗ (ред. от 01.05.2022) // Собрание законодательства РФ. – 2006. – № 23. – ст. 2381.
4. Spears B.M., Carvalho L., Dudley B., May L. Variation in Chlorophyll a to Total Phosphorus Ratio across 94 UK and Irish Lakes: Implications for Lake Management // Journal of Environmental Management. - Great Britain: Academic Press, 2013. - C. 287-294.
5. McNeary W.W., Erickson L.E. Sustainable Management of Algae in Eutrophic Ecosystems // Journal of Environmental Protection. - Irvine: 2013. - C. 9-19.
6. Smith V.H. Eutrophication of Freshwater and Coastal Marine Ecosystems a Global Problem // Environmental Science and Pollution Research. - Germany: Ecomed Verlagsgesellschaft mbH, 2003. - C. 126-139.
7. Song H., Li X., Lu X., Inamori Y. Investigation of Microcystin Removal from Eutrophic Surface Water by Aquatic Vegetable Bed // Ecological Engineering. - Netherlands: Elsevier Science Publishing Company, Inc., 2009. - C. 1589-1598.
8. Dodds W.K., Bouska W.W., et al. Eutrophication of U.S. Freshwaters: Analysis of Potential Economic Damages // Environmental Science & Technology. - USA: American Chemical Society, 2009. - C. 12-19.
9. Paerl H.W. Nutrient and Other Environmental Controls of Harmful Cyanobacterial Blooms along the Freshwater-Marine Continuum // Advances in Experimental Medicine and Biology. - Switzerland, Zug: Springer Nature Switzerland AG (Zug), 2008. - C. 217-237.
10. Paerl H.W., Huisman J. Blooms Like It Hot // Science. - USA: American Association for the Advancement of Science, 2008. - C. 57-58.
11. Davidson T.A., Bennion H., Jeppesen E., Clarke G.H., Sayer C.D., Morley D., Odgaard B.V., Rasmussen P., Rawcliffe R., Salgado J., Simpson G.L., Amsinck S.L. The Role of Cladocerans in Tracking Long-Term Change in Shallow Lake Trophic Status // Hydrobiologia. - Netherlands: Springer Science+Business Media B.V., Formerly Kluwer Academic Publishers B.V., 2011. - C. 299-315.