

24-913

Министерство науки и высшего образования  
Российской Федерации  
Государственный университет «Дубна»  
Факультет естественных и инженерных наук  
Кафедра экологии и наук о Земле

НА ДОМ НЕ ВЫДАЕТСЯ

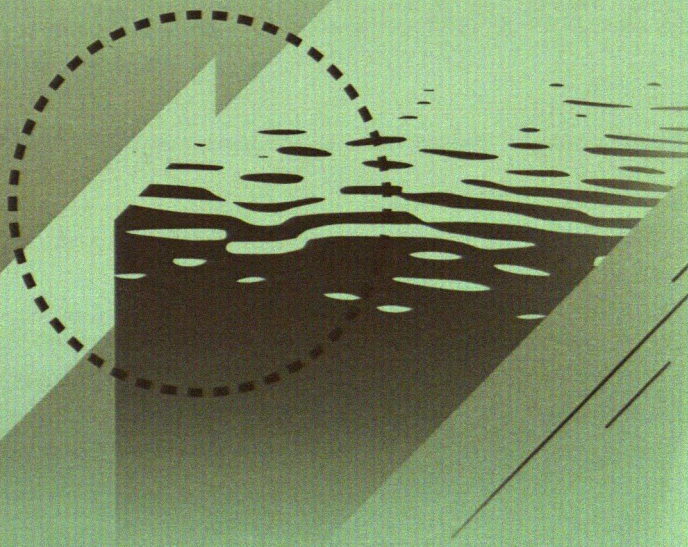


24-00913

# «Цветение» воды цианобактериями и методы борьбы с их массовым развитием

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

г. Дубна, 2023 г.



Министерство науки и высшего образования  
Российской Федерации  
Государственный университет «Дубна»

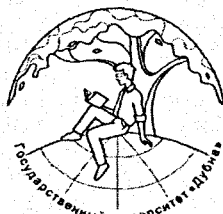
---

Факультет естественных и инженерных наук  
Кафедра экологии и наук о Земле

# **«Цветение» воды цианобактериями и методы борьбы с их массовым развитием**

**УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ**

Рекомендовано учебно-методическим советом  
университета «Дубна» в качестве учебного пособия  
для студентов, обучающихся по направлению подготовки  
«Экология и природопользование»  
(магистратура)



**Дубна  
2023**

УДК 58.01:581.16:579.2

ББК 28.082.75

Ц 272

Р е ц е н з е н т :

д.б.н., профессор кафедры зоологии и ботаники Института биологии и биомедицины Национального исследовательского Нижегородского государственного университета им. Н. И. Лобачевского *А. Г. Охапкин*

А в т о р ы :

*Корнева Л.Г.* – д.б.н., заведующая лабораторией альгологии Института биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН, профессор кафедры экологии и наук о Земле университета «Дубна»,

*Шаров А.Н.* – д.б.н., ведущий научный сотрудник лаборатории альгологии Института биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН,

*Сиделев С.И.* – к.б.н., доцент кафедры экологии и зоологии Ярославского государственного университета им. П. Г. Демидова; старший научный сотрудник лаборатории альгологии Института биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН,

*Зубишина А.А.* – к.б.н., доцент кафедры экологии и зоологии Ярославского государственного университета им. П. Г. Демидова,

*Медведева Н.Г.* – д.т.н., ведущий научный сотрудник лаборатории биологических методов экологической безопасности Санкт-Петербургского Федерального исследовательского центра РАН,

*Лазарева Г.А.* – к.б.н., доцент кафедры экологии и наук о Земле университета «Дубна»

Ц 272

**«Цветение» воды цианобактериями и методы борьбы с их массовым развитием : учебное пособие / Л.Г. Корнева, А.Н. Шаров, С.И. Сиделев, А.А. Зубишина, Н.Г. Медведева, Г.А. Лазарева. — Дубна : Гос. ун-т «Дубна», 2023. — 258, [2] с.**

ISBN 978-5-89847-695-3

В учебном пособии представлен обзор всех современных физических, химических и биологических методов борьбы с массовым развитием цианобактерий, вызывающем «цветение» воды в поверхностных пресноводных экосистемах. Проведен анализ эффективности их применения и, в частности, на водных объектах, расположенных в разнообразных климатических зонах Российской Федерации (Горьковское, Цимлянское и Ижевское водохранилища, Псковско-Чудское озеро).

Учебное пособие предназначено для студентов-экологов естественно-научных факультетов высших учебных заведений и специалистов в области охраны окружающей среды.

УДК 58.01:581.16:579.2

ББК 28.082.75

ISBN 978-5-89847-695-3

© Государственный университет «Дубна», 2023

© Корнева Л. Г., Шаров А. Н., Сиделев С. И.,

Зубишина А. А., Медведева Н. Г., Лазарева Г. А., 2023

# Содержание

Введение .....	5
<b>1. Современное состояние методов борьбы с массовым развитием цианобактерий в поверхностных водах.....</b>	<b>11</b>
1.1. Физические и химические методы борьбы с массовым развитием цианобактерий.....	11
1.1.1. Сокращение поступления основных биогенных элементов .....	11
1.1.1.1. Снижение внешней нагрузки.....	12
1.1.1.2. Выведение из водоема питательных веществ .....	22
1.1.2. Ускорение процессов удаления веществ .....	32
1.1.2.1. Разбавление и усиление проточности.....	32
1.1.2.2. Искусственная аэрация.....	35
1.1.2.3. Искусственное перемешивание .....	37
1.1.2.4. Отведение вод гипolimниона.....	41
1.1.2.5. Удаление донных отложений .....	44
1.1.3. Методы удаления биомассы.....	48
1.1.3.1. Механические методы удаления биомассы.....	48
1.1.3.2. Физические методы удаления биомассы .....	50
1.1.3.3. Химические методы удаления биомассы .....	54
1.2. Биологические методы борьбы с массовым развитием цианобактерий .....	63
1.2.1. Вирусы .....	64
1.2.2. Бактерии.....	66
1.2.3. Актиномицеты.....	75
1.2.4. Грибы .....	79
1.2.5. Простейшие .....	81
1.2.6. Зоопланктон.....	85
1.2.7. Рыбы-фитопланктофаги .....	90
<b>2. Сравнительный анализ методов борьбы с массовым развитием цианобактерий в водных объектах России .....</b>	<b>95</b>
2.1. Цимлянское водохранилище .....	95
2.1.1. Лимнологическая характеристика .....	95
2.1.2. Опыт борьбы с массовым развитием цианобактерий .....	101
2.1.2.1. Интродукция белого толстолобика .....	101
2.1.2.2. Метод альголизации .....	104
2.2. Горьковское водохранилище.....	107
2.2.1. Лимнологическая характеристика .....	107
2.2.2. Опыт борьбы с массовым развитием цианобактерий .....	130
2.3. Ижевское водохранилище .....	138
2.3.1. Лимнологическая характеристика .....	139

2.3.2. Опыт борьбы с массовым развитием цианобактерий .....	143
2.3.2.1. Инвентаризация источников загрязнения на водосборной площади р. Иж и Ижевского водохранилища и подготовка предложений по их локализации или ликвидации. Строительство системы ливневой канализации г. Ижевска .....	145
2.3.2.2. Проведение работ по очистке Ижевского водохранилища от донных отложений .....	146
2.3.2.3. Использование биологических методов борьбы.....	149
2.4. Псковско-Чудское озеро .....	152
2.4.1. Лимнологическая характеристика .....	152
2.4.2. Опыт борьбы с массовым развитием цианобактерий.....	156
<b>3. Сравнительный анализ и выбор оптимальных методов борьбы с массовым развитием цианобактерий .....</b>	<b>161</b>
3.1. Сравнение эффективности и применимости к разным типам водоемов .....	161
3.2. Особенности применения физических и химических методов.....	166
3.3. Особенности применения биологических методов.....	170
3.4. Анализ эффективности проведенных мероприятий по борьбе с цианобактериями в Ижевском водохранилище .....	178
3.4.1. Локализация и ликвидация источников загрязнения воды.....	178
3.4.2. Удаление донных отложений.....	179
3.4.3. Использование биологических методов .....	180
3.5. Рекомендации по выбору методов борьбы с массовым развитием цианобактерий в поверхностных водных объектах.....	184
3.6. Экономическое обоснование и практическое применение методов борьбы с цианобактериями в России.....	190
Заключение .....	202
Определения .....	204
Список использованных источников .....	207