



**С.В. КОТЕЛЕВЦЕВ**

**Д.Н. МАТОРИН**

**А.П. САДЧИКОВ**

# **ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ТОКСИКОЛОГИЯ И БИОТЕСТИРОВАНИЕ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ**

## **Учебное пособие**

*Допущено Учебно-методическим объединением  
по классическому университетскому образованию  
в качестве учебного пособия для студентов  
высших учебных заведений, обучающихся  
по направлению 06.03.01 «Биология» и смежным направлениям*

**Электронно-  
Библиотечная  
Система**  
**znanium.com**

Москва  
ИНФРА-М  
2017

# СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	3
<b>Глава 1. ЭКОЛОГИЯ И ЭКОТОКСИКОЛОГИЯ.....</b>	<b>9</b>
1.1. Место экотоксикологии в системе наук об охране окружающей среды .....	9
1.2. Антропогенные экологические факторы: химическое загрязнение, радионуклиды, электромагнитные волны, свет, шум .....	11
1.3. Экотоксиканты: неорганические экотоксиканты, органические экотоксиканты, особо опасные химические загрязнители окружающей среды .....	26
Контрольные вопросы и задания .....	29
<b>Глава 2. МЕХАНИЗМЫ ДЕЙСТВИЯ ЭКОТОКСИКАНТОВ .....</b>	<b>30</b>
2.1. Молекулярные механизмы действия экотоксикантов. ....	30
2.2. Биологические мембраны и экотоксиканты .....	41
2.3. Генотоксичность, канцерогенный и тератогенный эффекты .....	47
2.4. Детоксикация и метаболическая активация экотоксикантов (система цитохрома Р-450) в тканях животных и человека .....	55
2.5. Другие ферментативные системы детоксикации в тканях животных и человека .....	62
2.6. Накопление экотоксикантов по пищевым путям .....	69
2.7. Экотоксиканты в тканях человека .....	72
2.8. Экологическое нормирование .....	74
2.9. Экологическая экспертиза .....	80
2.10. Экологическое законодательство .....	83
2.11. Экотоксикология и экологический менеджмент .....	86
2.12. Биотестирование и биоиндикация экотоксикантов .....	88
2.13. Понятие о биологических тест-системах. ....	91
2.14. Методы биохимии и молекулярной биологии, применяемые в биотестировании и биоиндикации. ....	94
Контрольные вопросы и задания .....	99
<b>Глава 3. ПРИБРЕЖНО-ВОДНАЯ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ И САМООЧИЩЕНИЕ ВОДОЕМОВ.....</b>	<b>100</b>
3.1. Прибрежно-водные растения в системе самоочищающихся водоемов .....	100
3.2. Индикаторное значение прибрежно-водных растений. ....	112

3.3. Биомасса и продукция прибрежно-водной растительности .....	117
Контрольные вопросы и задания .....	131
<b>Глава 4. ВОДОРОСЛИ В ЭКОЛОГО–ТОКСИКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ .....</b>	<b>132</b>
4.1. Методы культивирования и анализ состояния культуры микроводорослей .....	132
4.2. Измерение интенсивности фотосинтеза .....	146
4.3. Прижизненное выделение растворенного органического вещества водорослями .....	156
4.4. Определение биомассы водорослей .....	159
Контрольные вопросы и задания .....	168
<b>Глава 5. СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОДОРОСЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФЛУОРЕСЦЕНЦИИ ХЛОРОФИЛЛА .....</b>	<b>169</b>
5.1. Организация фотосинтетического аппарата .....	169
5.2. Природа флуоресценции хлорофилла в фотосинтетических мембранах .....	171
5.3. Кинетика световой индукции флуоресценции хлорофилла .....	175
5.4. Практическое использования флуоресцентной аппаратуры для исследования водорослей .....	182
5.5. Исследования природного фитопланктона <i>in situ</i> с использованием флуориметрии .....	185
5.6. Метод оценки фотосинтетической продукции фитопланктона по параметрам флуоресценции .....	191
5.7. Использование флуоресценции хлорофилла в биотестировании различных загрязнений, включая наноматериалы .....	195
5.8. Методы биотестирования на основе флуоресценции хлорофилла .....	215
5.9. Биоиндикация растительных организмов с использованием флуоресцентной аппаратуры .....	226
Контрольные вопросы и задания .....	242
<b>СПИСОК РЕКОМЕНДОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ .....</b>	<b>243</b>



## РИСУНКИ

Рис. 1.1. Пищевая пирамида .....	248-1
Рис. 2.3. Накопление ксенобиотиков пищевыми цепями и индукция ферментов детоксикации .....	248-2
Рис. 5.1. Круговорот $O_2$ и $CO_2$ в атмосфере .....	248-3

- Рис. 5.2. Тилакоидная мембрана с четырьмя мембранными белковыми комплексами (ФС1, ФС2, цитохром *b6f* и АТФ-синтаза) (Junge *et al.*, 1997) . . . . . 248-4
- Рис. 5.7. Типичная индукционная кривая флуоресценции зеленого листа при разных концентрациях  $\text{CuSO}_4$  (фото с экрана компьютера установки AquaPenC APC 100; справа показана таблица параметров, рассчитанных прибором по индукционным кривым) . . . . . 248-5
- Рис. 5.10. Спутниковые данные по цветности, пересчитанные на содержание хлорофилла *a* (*a*) и по температуре (*b*) в поверхностных водах Черного моря (внизу показано распределение содержания хлорофилла фитопланктона и эффективности фотосинтеза по глубине) . . . . . 248-6
- Рис. 5.12. Распределение по глубине значений  $F_0$ , выраженных в единицах концентрации хлорофилла ( $\text{Хл}^*$ ,  $\text{мг} \cdot \text{м}^{-3}$ ) (*a*), активности  $F_v / F_m$  (*b*) и температуры (*c*) в разрезе Тамга — Григорьевка поперек озера Иссык-Куль. Распределение по акватории значений  $F_0$ , (*d*),  $F_v / F_m$  (*e*) и концентрации неорганического азота (*f*) в восточной части озера Иссык-Куль (результаты получены с помощью зонда-флуориметра в августе 1999 г.) . . . . . 248-7
- Рис. 5.15. Наноматериалы в пищевых цепях в водных экосистемах. . . . . 248-8
- Рис. 5.16. Набор биотестов, рекомендованных для тестирования токсичности наноматериалов . . . . . 248-9