



**Рабочая программа дисциплины (модуля)**

1. Код и наименование дисциплины (модуля): **«Экология фитопланктона»**
2. Уровень высшего образования – подготовка научно-педагогических кадров в аспирантуре.
3. Направление подготовки – **06.06.01 Биологические науки**. Направленность (профиль) программы – **Экология**.
4. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП: вариативная часть ООП (весенний семестр), спецкурс по выбору (читается на кафедре гидробиологии)
5. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

| <b>Формируемые компетенции<br/>(код компетенции)</b>   | <b>Планируемые результаты обучения по дисциплине<br/>(модулю)</b>   |
|--|---|
| <i>УК-1: Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях</i> | <b>Владеть:</b><br>навыками анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях<br>Код <b>В1 (УК-1)</b><br><b>Владеть:</b><br>навыками критического анализа и оценки современных научных |

|  |  |
|--|--|
|  | <p>достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях</p> <p><b>Код В2 (УК-1)</b></p>   |
| <p><b>УК-2</b><br/>Способность проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки.</p>   | <p><b>Знать:</b><br/>методы научно-исследовательской деятельности</p> <p><b>Код З1 (УК-2)</b></p>  |
| <p><b>УК-3:</b><br/>Готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач</p>   | <p><b>Владеть:</b><br/>технологиями оценки результатов коллективной деятельности по решению научных и научно-образовательных задач, в том числе ведущейся на иностранном языке</p> <p><b>Код В2 (УК-3)</b></p>   |
| <p><b>УК-4:</b><br/>Готовность использовать современные методы и технологии научной коммуникации на государственном и иностранном языке</p>  | <p><b>Владеть:</b><br/>навыками анализа научных текстов на государственном и иностранном языках</p> <p><b>Код В1 (УК-4)</b></p> <p><b>Знать:</b><br/>стилистические особенности представления результатов научной деятельности в устной и письменной форме на государственном и иностранном языках</p> <p><b>Код З2 (УК-4)</b></p> |
| <p><b>ОПК-1</b><br/>Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий</p> | <p><b>Уметь:</b><br/>собирать, отбирать и использовать необходимые данные и эффективно применять количественные методы их анализа</p>  |

Оценочные средства для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) приведены в Приложении.

6. Объем дисциплины (модуля) составляет 2 зачетных единицы, всего 72 академических часа, из которых 24 часа составляет контактная работа аспиранта с преподавателем (24 часа занятий лекционного типа) и 48 часов составляет самостоятельная работа аспиранта (выполнение домашних заданий и написание реферата).

7. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия:

**ЗНАТЬ:** гидробиологию, основы ботаники, физиологии растений, общей экологии (на уровне программ специалиста/магистра), теоретические и методологические основы биологических научных исследований.

**УМЕТЬ:** выработать на основе рационального анализа результатов экспериментальных и полевых исследований свою точку зрения в вопросах структуры и функционирования сообществ фотоавтотрофных организмов в водных экосистемах и отстаивать ее во время дискуссии со специалистами и неспециалистами; читать и реферировать научную литературу в области продукционной гидробиологии и альгологии, в том числе на иностранных языках, при условии соблюдения научной этики и авторских прав.

**ВЛАДЕТЬ:** современными информационно-коммуникационными технологиями, иностранным языком.

8. Образовательные технологии: классические лекционные технологии.

9. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий

| Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)  | Всего (часы) | В том числе  |                           |                        |                             |  |  |                             |                             |       |
|--|--------------|--|---------------------------|------------------------|-----------------------------|--|--|-----------------------------|-----------------------------|-------|
|  |              | Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них |                           |                        |                             |  | Самостоятельная работа обучающегося, часы из них |                             |                             |       |
|  |              | Занятия лекционного типа   | Занятия семинарского типа | Групповые консультации | Индивидуальные консультации | Учебные занятия, направленные на проведение текущего контроля успеваемости, коллоквиумы, практические контрольные занятия и др)* | Всего  | Выполнение домашних заданий | Подготовка рефератов и т.п. | Всего |
| <b>ТЕРМИНОЛОГИЯ И ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ФИТОПЛАНКТОНА.</b> Структура фитопланктона, приспособления к планктонному образу жизни, размеры, клеточная организация, скорости роста, питание, приуроченность к биотопу водорослей планктона. Вода как среда обитания фитопланктона. | 4            | 4  |                           |                        |                             |  | 4  | 0                           |                             | 0     |
| <b>РАЗНООБРАЗИЕ ВОДОРΟΣЛЕЙ ПЛАНКТОНА.</b> Современная система классификации водорослей. Основные таксономические группы водорослей планктона и их характеристика -   | 26           | 8  |                           |                        |                             |  | 8  | 18                          |                             | 18    |

|   |           |          |  |  |  |  |          |           |  |           |
|---|-----------|----------|--|--|--|--|----------|-----------|--|-----------|
| морфология, пигментный состав, жизненные циклы, приспособления к планктонному образу жизни, экология, наиболее часто встречающиеся и экологически значимые представители.   |           |          |  |  |  |  |          |           |  |           |
| <b>ПРОДУКЦИЯ ФИТОПЛАНКТОНА.</b><br>Чистая и валовая скорости роста популяций, экспоненциальный и логистический рост, емкость среды. Основные методы расчета скоростей роста водорослей. Биогенные элементы и рост фитопланктона. Цветение воды. Фотосинтез, гетеротрофное питание, дыхание и экскреция фитопланктона<br>Процессы потерь продукции фитопланктона: смертность, инфекция, седиментация, выедание, конкуренция. | <b>38</b> | <b>8</b> |  |  |  |  | <b>8</b> | <b>30</b> |  | <b>30</b> |
| <b>МОРФО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ КЛАССИФИКАЦИИ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В ЭКОЛОГИИ ФИТОПЛАНКТОНА.</b> Выбор критериев классификации. Функциональные группы. Морфо-функциональные группы. Степень толерантности функциональных групп к факторам среды. Модели сезонного распределения фитопланктона  | <b>4</b>  | <b>4</b> |  |  |  |  | <b>4</b> | <b>0</b>  |  | <b>0</b>  |

|   |           |           |  |  |  |  |           |           |           |
|---|-----------|-----------|--|--|--|--|-----------|-----------|-----------|
| <b>Промежуточная аттестация - зачет</b> |           |           |  |  |  |  |           |           |           |
| <b>Итого:</b>                           | <b>72</b> | <b>24</b> |  |  |  |  | <b>24</b> | <b>48</b> | <b>48</b> |

10. Учебно-методические материалы для самостоятельной работы аспирантов.

Конспекты лекций, файлы презентаций лекций, основная и дополнительная учебная литература (см. п.11)

11. Ресурсное обеспечение:

Основная литература

1. Белякова Г.А. Ботаника: в 4 т. Т.1. Водоросли и грибы: учебник для студ. высш. учеб. заведений / Г.А.Белякова, Ю.Т.Дьяков, К.Л.Тарасов.- М.: Издательский центр «Академия». 2006. – 320 с.
2. Белякова Г.А. Ботаника: в 4 т. Т.2. Водоросли и грибы: учебник для студ. высш. учеб. заведений / Г.А.Белякова, Ю.Т.Дьяков, К.Л.Тарасов.- М.: Издательский центр «Академия». 2006. – 320 с.
3. Протисты: Руководство по зоологии. – СПб.: Наука, 2000. – Ч. 1. – 679 с.
4. Протисты: Руководство по зоологии. – СПб.; М.: Товарищество научных изданий КМК, 2011. – Ч. 3. – 474 с.
5. Adl et al. The New Higher Level Classification of Eukariotes with Emphasis on the Taxonomy of Protist //J. Eucariot. Microbiol.2005. V.52, № 5.P. 399-451.
6. Adl S.M. et al. The Revised Classification of Eukaryotes //J. Eucariot. Microbiol. 2012. V.59, № 5. P. 429-493.
7. Graham L.E., Wilcox L.W. Algae. 2000. 640 pp.
8. Reynolds C.S. The Ecology of Phytoplankton. Cambridge, UK: Cambridge Univ. Press. 2006. 550 pp.
9. Salmaso N., Naselli-Flores L., Padisák J. Functional classifications and their application in phytoplankton ecology // Freshwater Biology, 2015. V.60. Issue 4. P. 603-619.

Дополнительная литература

1. Amsler C.D. (ed). Algal chemical ecology. Springer Verlag, Berlin, 2008. 313 pp.
2. Falkowski P.G., Knoll A.H. (eds.). Evolution of primary producers in the sea. Elsevier Academic Press. 2007. 430 pp.
3. Falkowski P.G., Raven J.A. Aquatic Photosynthesis. Princeton, NJ: Princeton Univ. Press. 2007. 500 pp.
4. Litchman E., Klausmeier C.A. Trait-Based Community Ecology of Phytoplankton // Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst. 2008. 39. P. 615–639.

4. Litchman E., Klausmeier C.A. Trait-Based Community Ecology of Phytoplankton // Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst. 2008. 39. P. 615–639.

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

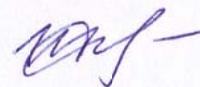
Информационная база данных по водорослям: <http://www.algaebase.org>

Описание материально-технической базы.

Кафедра гидробиологии биологического факультета МГУ располагает необходимым аудиторным фондом, компьютерами, проекторами и экранами, аудиоаппаратурой.

12. Язык преподавания: русский

13. Преподаватель (преподаватели): доцент кафедры гидробиологии И.Г.Радченко



**Оценочные средства для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) «Современные представления о структуре и функционировании сообществ первичных продуцентов в водных экосистемах»  
на основе карт компетенций выпускников**

| РЕЗУЛЬТАТ ОБУЧЕНИЯ<br>по дисциплине (модулю)   | КРИТЕРИИ и ПОКАЗАТЕЛИ<br>ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА<br>ОБУЧЕНИЯ<br>по дисциплине (модулю), баллы БРС |      |       |       |        | ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА                               |
|--|---|------|-------|-------|--------|--|
|  | 1,  | 2    | 3     | 4     | 5      |  |
| <b>Владеть:</b><br>навыками анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях<br>Код В1 (УК-1)  | 0   | 1-29 | 30-59 | 60-89 | 90-100 | - индивидуальное собеседование, реферат, зачет   |
| <b>Владеть:</b><br>навыками критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях<br>Код В2 (УК-1) | 0   | 1-29 | 30-59 | 60-89 | 90-100 | - - индивидуальное собеседование, реферат, зачет |
| <b>Знать:</b><br>методы научно-исследовательской деятельности<br>Код З1(УК-2)  | 0   | 1-29 | 30-59 | 60-89 | 90-100 | - индивидуальное собеседование, реферат, зачет   |

|  |   |      |       |       |        |  |
|--|---|------|-------|-------|--------|--|
| <b>Владеть:</b><br>технологиями оценки результатов коллективной деятельности по решению научных и научно-образовательных задач, в том числе ведущейся на иностранном языке<br>Код В2(УК-3) | 0 | 1-29 | 30-59 | 60-89 | 90-100 | - индивидуальное собеседование, реферат, зачет |
| <b>Знать:</b><br>стилистические особенности представления результатов научной деятельности в устной и письменной форме на государственном и иностранном языках<br>Код З2(УК-4)             | 0 | 1-29 | 30-59 | 60-89 | 90-100 | - индивидуальное собеседование, реферат, зачет |
| <b>Владеть:</b><br>навыками анализа научных текстов на государственном и иностранном языках<br>Код В1(УК-4)  | 0 | 1-29 | 30-59 | 60-89 | 90-100 | - индивидуальное собеседование, реферат, зачет |
| <b>Уметь:</b><br>собирать, отбирать и использовать необходимые данные и эффективно применять количественные методы их анализа  | 0 | 1-29 | 30-59 | 60-89 | 90-100 | - индивидуальное собеседование, реферат, зачет |

## Фонды оценочных средств, необходимые для оценки результатов обучения

### Примеры вопросов к промежуточному контролю (темы рефератов, вопросы для индивидуального собеседования):

1. Фитопланктон: определение, приспособления к планктонному образу жизни, приуроченность к различным биотопам (терминология), размерные группы (терминология), типы питания, скорость роста (порядок величин).
2. Физические свойства воды и их влияние на условия обитания фитопланктона: свойства растворителя, теплоемкость, вязкость, тушение света, плотность и ее зависимость от температуры, стратификация и разрушение термоклина. Основные типы движения воды, влияющие на распределение фитопланктона: конвекционные ячейки, океанические течения, апвеллинги.
3. Цианобактерии: морфология, пигментный состав, жизненные циклы, приспособления к планктонному образу жизни, экология.
4. Эвгленовые, криптофициевые и гаптофитовые водоросли: морфология, пигментный состав, жизненные циклы, приспособления к планктонному образу жизни, экология.
5. Золотистые, диатомовые, рафидофициевые, синуровые и ксантофициевые водоросли: морфология, пигментный состав, жизненные циклы, приспособления к планктонному образу жизни, экология.
6. Диатомовые водоросли: морфология, пигментный состав, жизненные циклы, приспособления к планктонному образу жизни, экология.
7. Динофлагелляты: морфология, пигментный состав, жизненные циклы, приспособления к планктонному образу жизни, экология.
8. Хлорофитовые водоросли (ульвовые, требуксиевые и хлорофициевые) и харовые водоросли (зигнемофициевые): морфология, пигментный состав, жизненные циклы, приспособления к планктонному образу жизни, экология.
9. Фотосинтез. Зависимость фотосинтеза от интенсивности света. Компенсационная интенсивность, насыщающая интенсивность, ингибирование. Факторы, влияющие на форму кривой зависимости фотосинтеза от интенсивности света. Дыхание фитопланктона. Валовый и чистый фотосинтез.
10. Рост популяций фитопланктона. Валовая и чистая скорости роста. Экспоненциальная скорость роста. Логистический рост. Биогенные элементы. Макроэлементы. Микроэлементы. Отношение Редфилда.
11. Биогенные элементы, лимитирующие рост фитопланктона. Модель Михаэлиса-Ментон. Модель Друпа. Модель Моно. Рост фитопланктона и внеклеточное содержание биогенных элементов в накопительной и непрерывной культурах.
12. Явление цветения воды. Красные приливы. Цветение сине-зеленых водорослей. Причины возникновения цветения. Токсичные водоросли. Токсины водорослей. Способы борьбы с цветением.

13. Гетеротрофная активность фитопланктона. Органическое вещество, потребляемое водорослями. Экологические аспекты потребления органического вещества. Типы питания водорослей. Соотношение долей фотосинтеза и гетеротрофного питания.
14. Экскреция водорослей. Продукты экскреции. Экологическая роль экзометаболитов. Факторы, влияющие на экскрецию. Механизм экскреции.
15. Процессы потерь фитопланктона: естественная смертность, гибель от вирусов и паразитов; смыв; седиментация (плавание и плавучесть, опускание).
16. Процессы потерь фитопланктона: выедание, влияние на состав фитопланктона. Измерение скорости выедания. Концепции «трофического каскада», контроля «сверху-вниз» и «снизу-вверх».
17. Конкуренция популяций фитопланктона. Механистическая модель Тилмана. Влияние нестабильности среды на конкуренцию. Парадокс фитопланктона или периодичность конкуренции.
18. Функциональные классификации водорослей и их применение в экологии фитопланктона. r-K-классификация. C-S-R-классификация. Функциональные группы. Сезонные изменения в составе сообщества по доминированию определенных типов стратегий. Модели распределения фитопланктона.

**ПРОГРАММА**  
**зачета по спецкурсу «Экология фитопланктона»**

**ТЕРМИНОЛОГИЯ И ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ФИТОПЛАНКТОНА**

Терминология и основные характеристики фитопланктона. Структура фитопланктона, приспособления к планктонному образу жизни, размеры, клеточная организация, скорости роста, питание, приуроченность к биотопу. Влияние гидро-физических и химических свойств воды на жизнедеятельность и распределение фитопланктона в водоеме: теплоемкость воды, вязкость, поверхностное натяжение, тушение света: плотность воды и ее зависимость от температуры; стратификация, турбуленция, конвекционные ячейки, океанические течения, апвеллинги и др.. Доминирующие ионы в морях и озерах.

**РАЗНООБРАЗИЕ ВОДОРΟΣЛЕЙ ПЛАНКТОНА**

Современная система классификации водорослей. Основные таксономические группы водорослей планктона: цианобактерии, эвгленовые, криптофитовые, гаптофитовые, динофитовые, диатомовые, золотистые, диктиохофициевые, рафидофициевые, синуровые, желтозеленые, требуксиевые, хлорофитовые, прازیнофитовые, зигнемофитовые; их характеристика - морфология, пигментный состав, жизненные циклы, приспособления к планктонному образу жизни, экология, наиболее часто встречающиеся и экологически значимые представители.

**ПРОДУКЦИЯ ФИТОПЛАНКТОНА**

Рост популяций фитопланктона. Чистая и валовая скорости роста популяций, экспоненциальный и логистический рост, емкость среды. Примеры расчета скоростей роста водорослей в культурах. Основные методы расчета скоростей роста природных популяций. Биогенные элементы. Локализация и функции биогенных элементов в клетке. Биогенное лимитирование. Соотношение Редфилда. Биогенные элементы и рост фитопланктона (Модели Михаэлиса-Ментон, Моно и Друпэ). Расчет скоростей потребления биогенных элементов и роста водорослей в зависимости от концентрации биогенных элементов в среде.

Цветение воды. Красные приливы. Цветение сине-зеленых водорослей. Причины возникновения цветения. Токсичные водоросли. Токсины водорослей. Способы борьбы с цветением.

Фотосинтез, гетеротрофное питание, дыхание и экскреция фитопланктона. Зависимость скорости фотосинтеза от интенсивности света. Влияние видоспецифичности, физиологического состояния клетки, адаптации на скорость фотосинтеза. Опускание водорослей ниже эвфотической зоны. Выживание в течение зимы. Образование покоящихся спор. Гетеротрофная активность фитопланктона. Растворенное органическое вещество. Типы питания водорослей. Гетеротрофная составляющая продукции фитопланктона. Дыхание фитопланктона. Соотношение дыхания и фотосинтеза. Экскреция фитопланктона. Основные экзометаболиты водорослей и их экологическая роль.

Валовая и чистая продукция. Процессы потерь продукции фитопланктона. Смертность водорослей. Паразиты водорослей. Седиментация водорослей. Скорость опускания фитопланктона. Механизмы снижения скорости опускания. Выедание водорослей зоопланктоном. Фаза прозрачной воды. Влияние выедания на состав фитопланктона. Способы расчета скорости выедания. Концепции

«трофического каскада», контроля обилия фитопланктона «сверху вниз» и «снизу вверх». Сезонный ход развития фито- и зоопланктона в Мировом океане.

Конкуренция популяций фитопланктона. Модель Лотки-Вольтерра. Изоклинали нулевого роста. Конкурентные эксперименты Гаузе. Механистическая модель Тилмана. Решение задач по определению зоны стабильного сосуществования и вытеснения популяций фитопланктона в зависимости от концентрации лимитирующих факторов. Влияние нестабильности среды на конкуренцию. Парадокс фитопланктона или периодичность конкуренции. Физиологическая основа конкуренции за ресурс.

### **МОРФО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ КЛАССИФИКАЦИИ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В ЭКОЛОГИИ ФИТОПЛАНКТОНА**

Выбор критериев классификации. Функциональные группы. Морфо-функциональные группы. Степень толерантности функциональных групп к факторам среды.

r-K-классификация. C-S-R-классификация. Сезонные изменения в составе сообщества по доминированию определенных типов стратегий. Модели распределения фитопланктона.