

«УТВЕРЖДАЮ»

Декан биологического факультета МГУ

Академик

М.П.Кирпичников

2015 г.



Рабочая программа дисциплины (модуля)

1. Код и наименование дисциплины (модуля): «Современные представления о структуре и функционировании фитопланктона»
2. Уровень высшего образования – подготовка научно-педагогических кадров в аспирантуре.
3. Направление подготовки – 06.06.01 Биологические науки. Направленность (профиль) программы – Гидробиология.
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)

Формируемые компетенции (код компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)
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	<p>Владеть: навыками анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях</p> <p>Код В1 (УК-1)</p> <p>Владеть: навыками критического анализа и оценки современных научных</p>

	<p>достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях Код В2 (УК-1)</p>
<p>УК-2 <i>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.</i></p>	<p>Знать: методы научно-исследовательской деятельности Код 31 (УК-2)</p>
<p>УК-3: <i>Готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач</i></p>	<p>Владеть: технологиями оценки результатов коллективной деятельности по решению научных и научно-образовательных задач, в том числе ведущейся на иностранном языке Код В2 (УК-3)</p>
<p>УК-4: <i>Готовность использовать современные методы и технологии научной коммуникации на государственном и иностранном языке</i></p>	<p>Владеть: навыками анализа научных текстов на государственном и иностранном языках Код В1 (УК-4)</p> <p>Знать: стилистические особенности представления результатов научной деятельности в устной и письменной форме на государственном и иностранном языках Код 32 (УК-4)</p>
<p>ОПК-1 <i>Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий</i></p>	<p>Уметь: 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: вырабатывать 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 производственной 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
СООБЩЕСТВА ПЕРВИЧНЫХ ПРОДУЦЕНТОВ В ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ. Фотоавтотрофные протисты и многоклеточные водоросли, современная система классификации и филогенетические группы. Эволюция фотосинтезирующих организмов. Биотопическая классификация: сообщества планктона, льда, обрастаний, бентоса. Структура сообществ, количественные параметры.	12	4					4	8		8
ФОТОСИНТЕЗ ВОДНЫХ ФОТОАВТОТРОФОВ. Определение	18	6					6	12		12

<p>фотосинтеза, световые и темновые реакции фотосинтеза. Молекулярная структура фотосинтетического аппарата и регуляция экспрессии генов фотосинтеза. Зависимость скорости фотосинтеза от освещенности, спектрального состава света, температуры, концентрации биогенных элементов.</p>	
<p>ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ПЕРВИЧНОЙ ПРОДУКЦИИ И СТРУКТУРЫ СООБЩЕСТВ ВОДНЫХ ФОТОАВТОТРОФОВ. Фитопланктон – основное звено создания первичной продукции в Мировом океане. Вертикальное распределение фитопланктона и первичной продукции. Пространственное распределение состава, биомассы фитопланктона и первичной продукции в мезо- и макромасштабе. Временная динамика первичной продукции и структуры фитопланктона.</p>	<p>10</p> <p>30</p>
<p>ВЗАИМОСВЯЗЬ ВОДНЫХ ФОТОАВТОТРОФОВ И ОСНОВНЫХ БИОГЕОХИМИЧЕСКИХ ЦИКЛОВ. Биогеохимические циклы углерода, азота,</p>	<p>4</p> <p>12</p>

фосфора, железа. Лимитирование фотосинтеза водных фотоавтотрофов растворенным азотом в геологическом масштабе времени. Роль водных фотоавтотрофов в изолировании антропогенного углекислого газа.										
Промежуточная аттестация - зачет										
Итого:	72	24					24	28	20	48

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. Романкевич Е.А., Ветров А.А. Цикл углерода в арктических морях России. М.: Наука, 2001. 302 с.
2. Blankenship R.E. Molecular Mechanisms of Photosynthesis. Oxford, United Kingdom: Blackwell Science Ltd., 2002. 560 p.
3. Falkowski P.G., Raven J.A. Aquatic Photosynthesis. Princeton, NJ: Princeton Univ. Press. 2007. 500 pp.
4. Phytoplankton productivity. Carbon assimilation in marine and freshwater ecosystems / Eds. Williams P.J.D., Thomas D.N., Reynolds C.S. Oxford: Blackwell, 2002. 386 p.
5. Reynolds C.S. The Ecology of Phytoplankton. Cambridge, UK: Cambridge Univ. Press. 2006. 550 pp.
6. The organic carbon cycle in the Arctic Ocean / Eds. Stein R., Macdonald R.W. Berlin: Springer, 2004. 363 p.

Дополнительная литература

1. Биология океана. Т. 2. Биологическая продуктивность океана. М.: Наука, 1979. 400 с.
2. Ботаника. Т.1. Водоросли и грибы: учебник для студ. высш. учеб. заведений / Белякова Г.А., Ю.Т. Дьяков, К.Л. Тарасов.- М.: Издательский центр «Академия». 2006. – 320 с.
3. Ильяш Л.В., Житина Л.С., Федоров В.Д. Фитопланктон Белого моря. М.: «Янус-К», 2003. 167 с.

4. Ильяш Л.В., Радченко И.Г., Кузнецов Л.Л. и др. Пространственная вариабельность состава, обилия и продукции фитопланктона Белого моря в конце лета // Океанология. 2011. Т. 51. № 1. С. 24 – 32.
5. Протисты: Руководство по зоологии. – СПб.: Наука, 2000. – Ч. 1. – 679 с.
6. Суханова И.Н., Флинт М.В., Мошаров С.А. и др. Структура сообществ фитопланктона и первичная продукция в Обском эстуарии и на прилежащем Карском шельфе // Океанология. 2010. Т. 50. № 5. С. 785–800.
7. Флинт М.В., Суханова И.Н. Влияние прибрежных фронтов на структуру и продуктивность пелагических экосистем // Физические, геологические и биологические исследования океанов и морей / М.: Научный мир, 2010. С. 446 – 465.
8. Adl S.M. et al. The Revised Classification of Eukaryotes // J. Eucariot. Microbiol. 2012. V.59, № 5. P. 429-493.
9. Adrian Reyes-Prieto A., P.M.Weber A.P.M., Bhattacharya D The Origin and Establishment of the Plastid in Algae and Plants // Annu. Rev. Genet. 2007. V. 41. P. 147–68
10. Apollonio S., Matrai P. Marine primary production in the Canadian Arctic, 1956, 1961–1963 // Polar Biol. 2011. V. 34. P. 767–774.
11. Arrigo K.R. Marine microorganisms and global nutrient cycles // Nature. 2005. V. 437. P. 349 - 355.
12. Carmack E.C., Macdonald R.W., Jasper S. Pelagic phytoplankton productivity on the Canadian Shelf of the Beaufort Sea // Mar. Ecol. Prog. Ser. 2004. V. 277. P. 37 – 50.
13. Eberhard S., Finazzi G., Wollman F-A. The Dynamics of Photosynthesis // Annu. Rev. Genet. 2008. V. 42. P. 463–515
14. Gould S.B., Waller R.F., McFadden G.I. Plastid Evolution // Annu. Rev. Plant Biol. 2008. V. 59. P. 491–517
15. Grebmeier J.M. Shifting Patterns of Life in the Pacific Arctic and Sub-Arctic Seas // Annu. Rev. Mar. Sci. 2012. V. 4:63–78
16. Hohmann-Marriott M.F., Blankenship R.E. Evolution of Photosynthesis // Annu. Rev. Plant Biol. 2011. V. 62. P. 515-548.
17. Intergovernmental Panel on Climate Change. Working Group I 2007. Climate Change 2007: The Physical Science Basis: Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, New York, 996 pp.
18. Katz M.E., Finkel Z.V., Grzebyk D., Knoll A.H., Falkowski P.G. Evolutionary trajectories and biogeochemical impacts of marine eukaryotic phytoplankton // Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst. 2004. V. 35. P. 523–56
19. Moran, S. B., Lomas, M. W., Kelly, R. P., Gradinger, R., Iken, K. and Mathis, J. T. Seasonal succession of net primary productivity, particulate organic carbon export, and autotrophic community composition in the eastern Bering Sea // Deep-Sea Res. PT II. 2012. V. 65–70. P. 84–97.
20. Olli K., Wassmann P., Reigstad M. et al. The fate of production in the central Arctic Ocean – top-down regulation by zooplankton expatriates? // Progress in Oceanography. 2007. V. 72. P. 84–113.

21. Terrado, R., Scarella, K., Thaler, M., Vincent, W.F. and Lovejoy, C. Small phytoplankton in Arctic seas: vulnerability to climate change // *Biodiversity*. 2013. V. 14. P. 2-18.
22. Wassmann, P., Duarte, C. M., Agusti, S. and Sejr, M. K. Footprints of climate change in the Arctic marine ecosystem // *Glob. Change Biol.* 2011. V. 17. P. 1235–49.

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

<http://www.intechopen.com/books/diversity-of-ecosystems/primary-producers-of-the-barents-sea>

<http://www.intechopen.com/books/biodiversity-the-dynamic-balance-of-the-planet/marine-biodiversity-and-chemodiversity-the-treasures-of-the-future>

Перечень используемых информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса, включая программное обеспечение, информационные справочные системы (при необходимости):

Информационная база данных по водорослям (<http://www.algaebase.org>)
Arctic Ocean Diversity (<http://www.arcodiv.org>)
International Ocean Carbon Coordination Project (<http://www.ioccp.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): профессор кафедры гидробиологии Л.В. Ильяш



Приложение

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

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

Владеть: технологиями оценки результатов коллективной деятельности по решению научных и научно-образовательных задач, в том числе ведущейся на иностранном языке Код В2(УК-3)	0	1-29	30-59	60-89	90-100	- индивидуальное собеседование, реферат, зачет
Знать: стилистические особенности представления результатов научной деятельности в устной и письменной форме на государственном и иностранном языках Код 32(УК-4)	0	1-29	30-59	60-89	90-100	- индивидуальное собеседование, реферат, зачет
Владеть: навыками анализа научных текстов на государственном и иностранном языках Код В1(УК-4)	0	1-29	30-59	60-89	90-100	- индивидуальное собеседование, реферат, зачет
Уметь: 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. Определение фотосинтеза. Световые и темновые реакции фотосинтеза. Структура хлоропластов. Фотосинтетические пигменты. Молекулярная структура фотосинтетического аппарата. Ядерные и хлоропластные гены фотосинтеза. Регуляция экспрессии генов фотосинтеза.
2. Зависимость скорости фотосинтеза от освещенности (Р/Е кривая). Характеристика светолимитированного участка, участков насыщения и фотоингибиции. Механизмы оптимизации улавливания и использования световой энергии - равновесные состояния, нефотохимическое тушение в ксантофильном цикле, фотоакклиматация. Кинетика и механизмы фотоакклиматации. Механизмы экспрессии и репрессии фотосинтетических генов, запускаемые освещенностью. Регуляция экспрессии фотосинтетических генов транспортом электронов между фотосистемами. Перестройка клеточного метаболизма при фотоакклиматации.
3. Азотфиксация водными фотоавтотрофами. Пространственное и временное разделение фотосинтетического образования кислорода и ферментативного восстановления азота у азотфиксирующих фотоавтотрофов. Сочетание азотфиксации и оксигенного фотосинтеза у морской цианобактерии *Trichodesmium*.
4. Лимитирующий биогенный элемент в разных водных экосистемах. Проявление азотного лимитирования на молекулярном, биофизическом, клеточном и популяционном уровнях. Выход из состояния азотного лимитирования. Понятие ко-лимитирования. Мультиресурсное ко-лимитирование, биохимическое ко-лимитирование, ко-лимитирование на уровне сообщества.
5. Валовый и чистый фотосинтез. Валовая и чистая первичная продукция. Изменение фотосинтеза в водном столбе. Оптические глубины. Фотический слой. Компенсационная глубина. Закономерности изменения фотосинтеза с глубиной. Фотосинтез, интегрированный по времени и на столб воды.
6. Источники биологически доступного азота в фотическом слое и основные пути трансформации азота. Новые и регенерированные биогенные элементы, «новая» и «регенерированная» продукция. Экспортируемая продукция. «Биологический насос». «Карбонатная» и «кремниевая» области Мирового океана. Распределение биогенных элементов по акватории Мирового океана. Районы Мирового океана с высокой концентрацией биогенных элементов и низкой концентрацией биомассы фотоавтотрофов. Возможные причины.
7. Закономерности пространственно-временного изменения биомассы фитопланктона и суточной интегральной продукции в водах Мирового океана - тропические и субтропические районы, умеренные и полярные воды, зоны апвеллинга. Трофический статус вод (водоемов). Олиго-, мезо- и эвтрофные воды.
8. Временная динамика первичной продукции – суточная, межсуточная, сезонная, межгодовая. Основные факторы, определяющие временную динамику первичной продукции в разных масштабах времени. Сезонная динамика биомассы фотоавтотрофов и первичной продукции в умеренных и полярных водах.

9. Годовая первичная продукция в разных районах Мирового океана. Квантовая эффективность фотосинтеза водных фотоавтотрофов, скорости оборота биомассы водных фотоавтотрофов. Сопоставление с наземной растительностью. Вклад в годовую продукцию в отдельных экосистемах разных биотопических группировок фотоавтотрофов.
10. Концепция двух основных типов потока углерода: классическая пищевая цепь и микробная петля. Вертикальные потоки продукции. Трофический статус экосистемы.
11. Взаимосвязь между водными фотоавтотрофами и климатом Земли. Влияние изменений климата на фотоавтотрофов в геологическом масштабе времени.
12. Взаимосвязь водных фотоавтотрофов и глобальных геологических циклов углерода, азота, фосфора, железа. Лимитирование фотосинтеза водных фотоавтотрофов растворенным азотом в геологическом масштабе времени.
13. Планетарный баланс между фотосинтезом и дыханием. Нарушение баланса в результате индустриальной революции. Роль водных фотоавтотрофов в изолировании антропогенного углекислого газа. Вероятные сценарии изменения масштабов водного фотосинтеза в результате глобального потепления климата и повышения концентрации углекислого газа в атмосфере.
14. Эволюция водных фотоавтотрофов: древнейший предшественник, фотосинтезирующие бактерии, возникновение оксигенного фотосинтеза (цианобактерии), возникновение фотоавтотрофных эукариот, эволюционное разделение на зеленую и красную линии пластид, событии вторичного и третичного эндосимбиоза
15. Современное видовое разнообразие водных фотоавтотрофов. Современное филогенетическое древо эукариот, эволюционное «расстояние» между крупными таксонами водорослей. Сопоставление с наземными растениями. Эволюционные изменения фотоавтотрофов, обусловленные изменением среды в результате оксигенного фотосинтеза.

ПРОГРАММА
**зачета по спецкурсу «СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О СТРУКТУРЕ И ФУНКЦИОНИРОВАНИИ СООБЩЕСТВ
ПЕРВИЧНЫХ ПРОДУЦЕНТОВ В ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ»**

СООБЩЕСТВА ПЕРВИЧНЫХ ПРОДУЦЕНТОВ В ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ

Фотоавтотрофные протисты и многоклеточные водоросли, современная система классификации и филогенетические группы. Эволюция фотосинтезирующих организмов. Происхождение прокариотных фотоавтотрофов с оксигенным фотосинтезом. Возникновения эукариотных фотоавтотрофов - теория эндосимбиоза. Эволюционное разделение на зеленую и красную линии пластид, событии вторичного и третичного эндосимбиоза – расхождение водорослей по разным филогенетическим линиям.

Биотопическая классификация: сообщества планктона, льда, обрастаний, бентоса. Особенности среды обитания в разных биотопах и приспособления к ним водных фотоавтотрофов. Основные абиотические факторы. Структура сообществ: видовая, размерная. Количественные параметры структуры сообществ: видовое богатство, численность, биомасса, видовое разнообразие, выравненность. Доминирующие виды и группы фотоавтотрофов в разных биотопах.

ФОТОСИНТЕЗ ВОДНЫХ ФОТОАВТОТРОФОВ

Определение фотосинтеза, световые и темновые реакции. Молекулярная структура фотосинтетического аппарата: светоулавливающие комплексы; реакционные центры фотосистем 1 и 2; рибулозо-1,5-бисфосфат карбоксилаза/оксигеназа (РубФК/О). Регуляция экспрессии генов фотосинтеза. Зависимость экспрессии генов светоулавливающего комплекса от интенсивности света, его спектральных свойств, температуры и режима биогенных элементов. Валовый и чистый фотосинтез. Валовая и чистая первичная

Зависимость скорости фотосинтеза от интенсивности света. Р/Е кривая, светолимитированный участок, участки насыщения и фотонигибирования. Компенсационная, насыщающая и супракомпенсационная интенсивность света. Наклон Р/Е кривой. Максимальная скорость фотосинтеза. Механизмы оптимизации улавливания и использования световой энергии. Перестройка клеточного метаболизма при фотоакклиматации. Зависимость скорости фотосинтеза от температуры.

Основные биогенные элементы и их ассимиляция водными фотоавтотрофами. Фиксация молекулярного азота, пространственное и временное разделение оксигенного фотосинтеза и азотфиксации. Ассимиляция нитратов, зависимость от фотосинтеза и дыхания. Потребление органического азота. Азотное лимитирование, проявление на молекулярном, клеточном и популяционном уровнях. Ассимиляция фосфатов и органического фосфора. Лимитирование фотосинтеза недостатком фосфора. Ассимиляция сульфатов и железа. Лимитирующий биогенный элемент в разных водных экосистемах. Закон Либиха. Понятие ко-лимитирования. Мультиресурсное ко-лимитирование, биохимическое ко-лимитирование, ко-лимитирование на уровне сообщества.

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ПЕРВИЧНОЙ ПРОДУКЦИИ И СТРУКТУРЫ СООБЩЕСТВ ВОДНЫХ ФОТОАВТОТРОФОВ

Фитопланктон – основное звено создания первичной продукции в Мировом океане. Вертикальное распределение фитопланктона и первичной продукции. Оптические глубины, фотический слой, компенсационная глубина. Интегральная (в столбе воды) суточная первичная продукция. Структура водного столба, стратифицированные и перемешанные воды. Глубина перемешиваемого слоя и механизмы, ее определяющие - турбулентное перемешивание, осенне-зимняя конвекция, приливные течения, океанические течения и круговороты. Динамика биомассы фитопланктона и интегральной первичной продукции в зависимости от соотношения глубины верхнего перемешиваемого слоя и критической глубины.

Азотное лимитирование фитопланктона и первичной продукции в большинстве районов Мирового океана. Источники биологически доступного азота в фотическом слое и основные пути трансформации азота: азотфиксация, ассимиляция фотоавтотрофами, гетеротрофное окисление органического азота, нитрификация, денитрификация, анаммокс (анаэробное окисление аммония). Новые и регенерированные биогенные элементы – «новая» и «регенерированная» продукция. Экспортируемая продукция. «Биологический насос». «Карбонатная» и «кремниевая» области Мирового океана.

Распределение биогенных элементов по акватории Мирового океана. Стратифицированные воды в тропических и субтропических районах; сезонная динамика содержания биогенных элементов в умеренных и высоких широтах; богатые биогенными элементами районы апвеллинга; эстуарии; фронтальные зоны; циклонические круговороты и вихри.

Пространственное распределение состава, биомассы фитопланктона и первичной продукции в мезомасштабе. Мезомасштабные гидрофизические процессы: турбулентция, течения, циклонические и антициклонические круговороты, фронтальные зоны, трансфронтальный перенос, струи, апвеллинги, ветровое воздействие, приливные циклы, распресненные линзы, межслойные перемещения вод. Компоненты крос-шельфовой циркуляции: прибрежные апвеллинги и даунвеллинги, ветровое воздействие, волны, приливные циклы, плавучие линзы, топография дна. «Уникальность» гидрологического режима конкретного водоема и специфичность основных механизмов формирования мезомасштабной пространственной неоднородности фитопланктона и первичной продукции. Концепция динамических гидрологических ниш.

Пространственное распределение фитопланктона и первичной продукции в макромасштабе. Макромасштабные гидрофизические процессы: течения, циклонические и антициклонические круговороты, зоны конвергенции, фронтальные зоны, апвеллинги. Величины биомассы фитопланктона и суточной интегральной продукции в разных районах Мирового океана. Тропические и субтропические районы. Отсутствие сезонной динамики. Зоны апвеллинга. Сезонная динамика биогенных элементов в умеренных водах. Зимняя конвекция. Сезонные изменения

биомассы фотоавтотрофов и первичной продукции. Районы Мирового океана с высокой концентрацией биогенных элементов и низкой биомассой фотоавтотрофов. Возможные причины: лимитирование недостатком биологически доступного железа.

Временная динамика первичной продукции – суточная, межсуточная, сезонная, межгодовая. Примеры по всем типам вод. Основные факторы, определяющие временную динамику первичной продукции в разных масштабах времени.

Пространственное распределение годовой первичной продукции. Годовая первичная продукция в разных районах Мирового океана. Трофический статус вод (водоемов). Олиго-, мезо-, эвтрофные воды. Квантовая эффективность фотосинтеза водных фотоавтотрофов, скорости оборота биомассы водных фотоавтотрофов. Сопоставление с наземными фотоавтотрофами. Вклад в годовую продукцию в отдельных экосистемах разных биотических группировок фотоавтотрофов – криофлоры, фитопланктона, микрофитобентоса, макрофитобентоса, коралловых симбионтов, обрастаний.

Трансформация первичной продукции. Концепция двух основных типов потока углерода: классическая пищевая цепь и микробная петля. Преобладание потока углерода по тому или другому пути в зависимости от условий и, в первую очередь, от трофического статуса вод. Масштабы выедания фитопланктона. Примеры оценок – полярные, умеренные и тропические районы Мирового океана. Вертикальные потоки продукции. Соотношение потока в виде биомассы фитопланктона и в виде фекальных пеллет зоопланктона. Трофический статус экосистемы - соотношение продукции и дыхания сообщества. Временная и пространственная вариабельность трофического статуса.

ВЗАИМОСВЯЗЬ ВОДНЫХ ФОТОАВТОТРОФОВ И ОСНОВНЫХ БИОГЕОХИМИЧЕСКИХ ЦИКЛОВ

Биогеохимические циклы углерода, азота, фосфора, железа. Лимитирование фотосинтеза водных фотоавтотрофов растворенным азотом в геологическом масштабе времени. Ключевая роль соотношения масштабов азотфиксации и денитрификации в обмене углекислого газа между атмосферой и океаном.

Планетарный баланс между фотосинтезом и дыханием. Нарушение баланса в результате индустриальной революции. Количественная роль водных фотоавтотрофов в депонировании углекислого газа атмосферы. Вероятные сценарии масштабов водного фотосинтеза в результате глобального потепления климата.