

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки**  
**Федеральный исследовательский центр**  
**«Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН»**

**ПРИНЯТО**  
Решением Ученого совета  
протокол от 03.08.2020г. № 8

**УТВЕРЖДЕНО**  
Приказом ФИЦ ИнБЮМ  
от 31.08.2020г. № 99-од

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б1.В.ОД.2.1**  
**МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В МОРСКИХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ**  
**ИССЛЕДОВАНИЯХ**

**Направление подготовки**  
06.06.01 Биологические науки

**Направленность**  
03.02.06 Ихтиология

Форма обучения очная, заочная

**Уровень высшего образования**  
*подготовка кадров высшей квалификации*

**Присваиваемая квалификация:**  
*«Исследователь. Преподаватель-исследователь»*

Севастополь  
2020

**Рабочая программа дисциплины «Математические методы в морских экологических исследованиях» для аспирантов:**

1. Разработана в отделе аспирантуры Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Институт биологии южных морей имени А.О.Ковалевского РАН» в соответствии со следующими нормативными документами:

- Федеральным законом «Об образовании в Российской Федерации» от 29.12.2012 г. № 273-ФЗ;

- Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 06.06.01 Биологические науки (уровень подготовки кадров высшей квалификации), утвержденный Приказом Минобрнауки РФ от 30.07.2014 г. № 871.

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре, утвержденным приказом Минобрнауки РФ от 19.11.2013 г. № 1259;

- Положением о порядке разработки и утверждения основных образовательных программ – программ подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре ФИЦ ИнБЮМ, утвержденным приказом ФИЦ ИнБЮМ от 27 июня 2019 г. № 03-од.

2. Впервые рассмотрена и рекомендована к утверждению на заседании Ученого совета ФГБУН ИМБИ протокол № 4 от 7августа 2015 г., утверждена приказом директора № 87-од от 4 сентября 2015 г.

3. **Разработчик рабочей программы:** Петров Алексей Николаевич – кандидат биологических наук, зав. отделом Экологии бентоса ФИЦ ИнБЮМ.

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Планируемые результаты обучения по дисциплине, ее объем и место в структуре образовательной программ.....	4
2. Содержание и структура учебной дисциплины.....	8
3. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.....	14
4. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.....	15
5. Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины.....	17
6. Перечень ресурсов информационно-коммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.....	17
7. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.....	18
8. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.....	18

# 1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, ЕЕ ОБЪЕМ И МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

## 1.1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.

Целью освоения дисциплины «Математические методы в морских экологических исследованиях» является формирование у аспирантов базовых знаний и навыков для математической и статистической обработки полевых и экспериментальных данных гидробиологических исследований на современном уровне, а также представлений о соответствии между поставленными задачами в области морской экологии (гидробиологии) и наиболее эффективным применением различных статистических методов для анализа решаемых задач. Предполагается также получение и приобретение аспирантами компетенций по использованию современных методов планирования и анализа результатов исследований на разных уровнях научного подхода.

**Основной задачей курса** является формирование у аспирантов достаточных знаний, навыков и умений, необходимых при математической обработке, анализе и интерпретации данных гидробиологических исследований, используемых в ходе подготовки диссертаций.

**Знания:** о методах представления первичных рядов данных исследований, необходимых операциях с исходными биологическими и физико-химическими данными с целью их последующего анализа и сравнения; о точности и достоверности измерений и методах оценки репрезентативности полученных результатов, о формах учета и сравнения результатов наблюдений; о методах одномерного дисперсионного, корреляционного, регрессионного анализов; о существующих параметрических и многомерных методах исследования структуры сообществ гидробионтов, об оценке показателей и биологической интерпретации их отклика при воздействии разных экологических факторов.

**Умения:** осуществлять планирование и проведение полевых и экспериментальных исследований по теоретической и прикладной гидробиологии так, чтобы полученные исходные данные были пригодны для математической обработки современными методами; уметь не только работать на ПЭВМ с пакетами соответствующих программ, но и критически интерпретировать получаемые результаты; эффективно и творчески применять методы математического анализа в ходе решения конкретных теоретических и практических задач морской экологии и гидробиологии.

**Навыки:** использование математических методов адекватно решаемым задачам исследования. Изучение курса должно способствовать более эффективному овладению научной специальностью, полученные знания и умения могут быть применены для анализа и интерпретации исходных биологических данных при подготовке диссертационной работы, написании статей, создании презентаций к докладам на научных конференциях.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы (табл. 1.1).

Таблица 1.1 – Планируемые результаты обучения по дисциплине

Код и уровень формируемой компетенции по ООПВО	Владения	Умения	Знания
УК-1	- владеть навыками анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач, в том числе в	- умение анализировать альтернативные варианты решения исследовательских и практических задач и оценивать потенциальные	- знание методов критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методов генерирования новых идей

	междисциплинарных областях	выигрыши проигрыши реализации этих вариантов. Уметь при решении научных и практических задач генерировать новые идеи, поддающиеся операционализации исходя из наличных ресурсов и ограничений.	при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях
УК-2	- владеть навыками анализа основных методологических проблем, в т.ч. междисциплинарного характера, возникающих в науке на современном этапе ее развития, а также технологиями планирования научной деятельности в сфере своих профессиональных интересов	- уметь использовать положения и категории науки для анализа и оценивания различных фактов и явлений в рамках раздела своей научно-исследовательской деятельности	- знать базовые научные концепции и основные методы в рамках раздела своей научно-исследовательской деятельности
УК-3	- Владеть навыками анализа основных мировоззренческих и методологических проблем, в т.ч. междисциплинарного характера, возникающих в ходе решения научных задач в рамках работы в составе российских и международных коллективов; технологиями планирования и оценки результатов коллективной деятельности по решению научных задач.	- Уметь следовать нормам, принятым в научном общении при работе в российских и международных исследовательских коллективах с целью решения научных задач; осуществлять личностный выбор в процессе работы в российских и международных исследовательских коллективах, оценивать последствия принятого решения и нести за него ответственность перед собой, коллегами и обществом	- Знать методы критического анализа и оценки современных научных достижений, а также особенности представления результатов научной деятельности при работе в российских и международных исследовательских коллективах
ОПК-1	- владеть систематическими знаниями по направлению деятельности; навыками для планирования и проведения научного исследования по предложенной теме, а также навыками для анализа полученных результатов и формулировки выводов	- уметь составлять общий план работы по заданной теме, применять экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования и способы обработки результатов, проводить исследование по согласованному с руководителем плану, представлять полученные результаты	- знать цели и задачи научных исследований по направлению своей деятельности, базовые принципы и методы их организации; основные источники научной информации, современные способы использования информационно-коммуникационных технологий и требования к представлению инфор-

			мационных материалов
ПК-1	- владеть методами планирования, подготовки и самостоятельного проведения НИР, а также базовыми методами анализа полученных данных, формулировки выводов и рекомендаций в выбранной области гидробиологии	- уметь составлять план работы по анализу исходных данных в рамках своей темы, анализировать получаемые результаты, составлять отчёты о научно-исследовательской работе, представлять научные результаты по теме диссертационной работы в виде публикаций в рецензируемых научных изданиях	- знать базовые понятия, подходы и методы матстатистики, применяемые в гидробиологических исследованиях и в смежных дисциплинах, а также требования к содержанию и правилам оформления рукописей по результатам экспериментов к публикации в рецензируемых научных изданиях
ПК-2	- владеть, в том числе на основе применения современных пакетов для ПЭВМ, методами статистического анализа результатов гидробиологических исследований	- уметь самостоятельно получать и анализировать информацию, выявлять проблемы, ставить задачи и выполнять основную статистическую обработку биологических данных в природных и лабораторных условиях при решении конкретных задач по теме диссертации с использованием современной аппаратуры и вычислительных средств, уметь работать в информационных поисковых системах	- знать на базовом уровне современные алгоритмы статистического анализа результатов гидробиологических исследований, требования к содержанию и правила графического /табличного оформления результатов научных исследований по теме диссертации
ПК-3	- владеть современными компьютерными технологиями, необходимыми при сборе, обработке, анализе и передаче гидробиологической информации, владеть статистическими пакетами (программами), позволяющими анализировать результаты своих исследований, обрабатывать их и хранить на электронных носителях, представлять для публикации в статьях, докладах и презентациях на конференциях	- уметь самостоятельно выбирать компьютерные программы, наиболее оптимальные для решения задач своих исследований, самостоятельно работать, используя компьютерные программы, анализировать с их помощью получаемые результаты, уметь составлять и обрабатывать массивы данных биологических исследований	- знать фундаментальные положения информатики, более углубленно современные программы (пакеты по статанализу), позволяющие систематизировать и обрабатывать результаты гидробиологических исследований

## 1.2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина Б1.В.ОД.2.1 «Математические методы в морских экологических исследованиях» входит в вариативную часть обязательных дисциплин (модулей) подготовки кадров высшей квалификации Блока 1 основной образовательной программы направления подготовки 06.06.01 – Биологические науки, предназначенной для подготовки кандидатов

биологических наук в рамках специальности «Ихтиология». В структуре ООП дисциплина «Математические методы в морских экологических исследованиях» связана с дисциплинами Б1.В.ОД.2.2 «Ихтиология», Б1.В.ДВ.1 «Экотоксикология».

Целью дисциплины является подготовка аспирантов к исследовательской работе, приобретение ими знаний, умений и практических навыков по применению методов статистического анализа, необходимых для эффективного решения конкретных научных задач в области экологии морских биологических сообществ. Изучается на 3 курсе обучения.

### 1.3. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов и видов учебных занятий.

Таблица 1.2 – Распределение объема дисциплины по видам работ (очная форма обучения)

Курс	Семестр	Общий объем, ЗЕ (ч)	Контактная работа, ч			Самостоятельная работа, ч	Контроль	Реферат, РГЗ, контр. работа, коллоквиум	Курсовой проект (работа)	Зачет (семестр)	Экзамен (семестр)
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия						
3	5,6	3 (108)	14	10	–	84	–	РГР	–	6	–

Соотношение количества часов самостоятельной работы аспиранта к общему объему часов составляет: 84/108 (78%)

Таблица 1.3 – Распределение объема дисциплины по видам работ (заочная форма обучения)

Курс	Семестр	Общий объем, ЗЕ (ч)	Контактная работа, ч			Самостоятельная работа, ч	Контроль	Реферат, РГЗ, контр. работа, коллоквиум	Курсовой проект (работа)	Зачет (семестр)	Экзамен (семестр)
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия						
3	5,6	3 (108)	4	4	–	100	–	РГР	–	6	–

Соотношение количества часов самостоятельной работы аспиранта к общему объему часов составляет: 100/108 (93%)

## 2. СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

### 2.1. Содержание учебной дисциплины

Содержание дисциплины включает следующие разделы и темы:

**Введение. Цели, задачи и области применения математических методов в морских экологических исследованиях.** Где, когда и для каких задач следует применять статистические методы. Морская экология – комплексная наука, изучающая сложные системы с многочисленными и далеко не всегда учитываемыми связями. Зависимости – скорее статистически-вероятностные, чем детерминированные (НЕоднозначны, НЕпостоянны, НЕвоспроизводимы на 100%). В природе - невозможность вычленения влияния одного из факторов. Влияние комплекса внешних и внутренних условий. Принцип Оккама. Области применения: 1) Интегральная оценка проявления абиотических факторов (градиенты, вклад ключевых факторов, пространственно-временные сравнения); 2) Оценка состояния и структуры сообществ; 3) Оценка интегрального влияния факторов среды на показатели биоты (организмы, популяции, сообщества).

**РАЗДЕЛ 1. Основные статистические понятия и алгоритмы, работа с первичными данными, регрессионный и корреляционный анализ.**

**Тема 1.1. Основные характеристики варьирующих данных, законы распределения, критерии достоверности оценок.** Понятие статистической совокупности. Варьирование параметров, вариации и варианты. Формы учета результатов наблюдений. Точность измерений. Способы группировки первичных данных. Вариационные ряды и их основные характеристики. Сравнение двух выборок. Средние величины. Средняя арифметическая: простая и взвешенная. Средние гармоническая, геометрическая. Законы распределения. Распределение Пуассона. Нормальное (биномиальное) распределение (Гаусса). Параметры дискретных распределений. Показатели вариации, коэффициент вариации, размах вариации. Коэффициенты асимметрии и эксцесса как критерии нормальности распределения. Критерий хи-квадрат. Доверительные интервалы. Дисперсия и ее свойства. Среднеквадратическое отклонение. Медиана, мода, квантили. Доверительные интервалы для генеральной средней, генеральной дисперсии, коэффициента вариации. Уровень значимости. Статистические гипотезы и их проверка. Понятие о нуль-гипотезе. Параметрические критерии: критерий Стьюдента (t-распределение), критерий Фишера (F-распределение). Оценка разности между коэффициентами вариации. Непараметрические критерии: X-критерий Ван-дер-Вардена, U-критерий Уилкоксона (Манна-Уитни), критерий знаков z и др.

**Тема 1.2. Корреляционный и регрессионный анализ.** Функциональная зависимость и корреляция. Параметрические показатели связи: коэффициент корреляции, ковариация, оценка разности между коэффициентами корреляции, коэффициенты детерминации, оценка формы связи. Непараметрические показатели связи: коэффициент корреляции Фихнера, коэффициент корреляции рангов (Спирмена), коэффициент ассоциации. Множественная и частная корреляция. Понятие регрессии. Линейная регрессия: уравнение регрессии (модель), коэффициент регрессии. Выравнивание эмпирических рядов регрессии: графический способ, способ скользящей средней, метод наименьших квадратов. Множественная линейная регрессия. Нелинейная регрессия. Оценка достоверности показателей регрессии. Выбор уравнения регрессии, интерпретация параметров уравнения.

**РАЗДЕЛ 2. Среда и биота: оценка взаимодействий.**

**Тема 2.1. Анализ абиотических факторов.** Действия над исходными данными. Понятие о матрицах. Преобразование исходных данных. Нормализация и стандартизация. Взаимно коррелирующие факторы. Линейные корреляции Пирсона для абиотических переменных (draftsman plot). Коэффициенты сходства/отличия (Брэй-Куртис, Эвклидово расстояние и др.). Составление матриц сходства. Кластеризация и ординация. Метод Главных Компонент для абиотических переменных. Градиенты факторов. Анализ МГК графиков. Оценка вклада ведущих факторов в суммарную дисперсию, интерпретация ГК-осей. Понятие о собственных векторах.

**Тема 2.2. Анализ биотических переменных.** Действия над исходными данными. Виды биотических матриц. Трансформация. Кластеризация и MDS-ординация.



Интерпретация меры стресса, диаграмма Шепарда. Тестирование различий между двумя и более группами станций. Понятие об одно- и двухуровневом тестах (ANOSIM-тест). Понятие о методе случайных перестановок. Связь между результатами кластеризации и ординации при изучении структуры сообщества.

### РАЗДЕЛ 3. Оценка состояния биоты.

**Тема 3.1. Оценка состояния биоты в полевых и лабораторных условиях.** Оценка вклада отдельных видов в сходство и различия между пробами. Понятие об индикационных и дискриминаторных видах. Их определение (SIMPER-тест). Расчет коэф. ранговой корреляции Спирмена ( $\rho_{max}$ ). Цикличность (сезонность) и серийность (градиент загрязнения) изменения структуры биоты (RELATE-тест). Изменение уровня вариабельности в стрессовых условиях. Интерпретация результатов.

**Тема 3.2. Анализ связи между структурой сообщества и абиотическими факторами.** Сравнение БИО-АБИО матриц. Суть BIO-ENV метода. Расчет наибольшего коэф. Спирмена ( $\rho_{max}$ ). Определение набора ведущих абиотических факторов. Пошаговый и обобщенный метод. Индекс многомерной дисперсии (ИМД). Анализ пространственно-временных трендов на MDS-графиках. Тестирование достоверности трендов (ANOSIM-тест).

### РАЗДЕЛ 4. Оценка биоразнообразия.

**Тема 4.1. Методы количественной оценки разнообразия.** Разнообразие как отклик сообщества на внешние воздействия. Влияние природных факторов (температура, структура субстрата, содержание биогенов и др.), техногенного загрязнения, органическое обогащение донных грунтов. Меры биоразнообразия. Геометрические классы особей и видов. Кривые доминирования-разнообразия. ABC-метод, статистика Варвика (W). Кривые накопления видов. Оценка ожидаемого видового богатства. Метод разрежения Хулберта (rarefaction). Понятие об эстиматорах (Chao-1,2, Jackknife, boot-strap,  $S_{\infty}$  и др.). Сравнительная оценка точности эстиматоров.

**Тема 4.2. Оценка таксономического разнообразия.** Понятие о таксономическом разнообразии. Кладограммы. Иерархическая структура сообщества. Уровни агрегированности, построение агрегационных матриц. Индексы таксономической отличительности (AvTD и VarTD). Среднеожидаемый уровень разнообразия. Понятие о поли- и олиговидовых таксономических ветвях иерархического дерева. Построение TaxD-воронок и бивариантных эллипсов. Экологическая интерпретация индексов таксономического разнообразия.

## 2.2 Структура учебной дисциплины

Таблица 2.1 – Структура учебной дисциплины (очная форма обучения)

Названия содержательных разделов и тем учебной дисциплины	Количество часов					
	Объем в часах	в том числе				
		лекции	практ.	лаб.	инд.	СР
1	2	3	4	5	6	7
<b>Введение.</b> Цели, задачи и области применения математических методов в морских экологических исследованиях	2	-	-	-	-	2
<b>Раздел 1. Основные статистические понятия и алгоритмы, работа с первичными данными, регрессионный и корреляционный анализ.</b>						

Названия содержательных разделов и тем учебной дисциплины	Количество часов					
	Объем в часах	в том числе				
		лекции	практ.	лаб.	инд.	СР
1	2	3	4	5	6	7
<b>Введение.</b> Цели, задачи и области применения математических методов в морских экологических исследованиях	2	-	-	-	-	2
<b>Тема 1.1.</b> Основные характеристики варьирующих переменных, законы распределения, критерии достоверности оценок	14	2	2	-	-	10
<b>Тема 1.2.</b> Корреляционный и регрессионный анализ.	14	2	2	-	-	10
<b>Раздел 2. Среда и биота: оценка взаимодействий</b>						
<b>Тема 2.1.</b> Анализ абиотических факторов.	12	2	-	-	-	10
<b>Тема 2.2.</b> Анализ биотических переменных.	12	2	-	-	-	10
<b>Раздел 3. Оценка состояния биоты</b>						
<b>Тема 3.1.</b> Оценка состояния биоты в полевых и лабораторных условиях.	12	-	2	-	-	10
<b>Тема 3.2.</b> Анализ связи между структурой сообщества и абиотическими факторами.	12	2	-	-	-	10
<b>Раздел 4. Оценка биоразнообразия</b>						
<b>Тема 4.1.</b> Методы количественной оценки разнообразия.	16	2	2	-	-	12
<b>Тема 4.2.</b> Оценка таксономического разнообразия.	14	2	2	-	-	10
<b>Всего часов</b>	<b>108 (3 ЗЕ)</b>	<b>14</b>	<b>10</b>			<b>84</b>

Таблица 2.2 – Структура учебной дисциплины (заочная форма обучения)

Названия содержательных разделов и тем учебной дисциплины	Количество часов					
	Объем в часах	в том числе				
		лекции	практ.	лаб.	инд.	СР
1	2	3	4	5	6	7
<b>Введение.</b> Цели, задачи и области применения математических методов в морских экологических исследованиях	2	-	-	-	-	2
<b>Раздел 1. Основные статистические понятия и алгоритмы, работа с первичными данными,</b>						

Названия содержательных разделов и тем учебной дисциплины	Количество часов					
	Объем в часах	в том числе				
		лекции	практ.	лаб.	инд.	СР
1	2	3	4	5	6	7
<b>Введение.</b> Цели, задачи и области применения математических методов в морских экологических исследованиях	2	-	-	-	-	2
<b>регрессионный и корреляционный анализ.</b>						
<b>Тема 1.1.</b> Основные характеристики варьирующих переменных, законы распределения, критерии достоверности оценок	14	2	-	-	-	12
<b>Тема 1.2.</b> Корреляционный и регрессионный анализ.	14	2	-	-	-	12
<b>Раздел 2. Среда и биота: оценка взаимодействий</b>						
<b>Тема 2.1.</b> Анализ абиотических факторов.	12	-	-	-	-	12
<b>Тема 2.2.</b> Анализ биотических переменных.	12	-	-	-	-	12
<b>Раздел 3. Оценка состояния биоты</b>						
<b>Тема 3.1.</b> Оценка состояния биоты в полевых и лабораторных условиях.	14	-	2	-	-	12
<b>Тема 3.2.</b> Анализ связи между структурой сообщества и абиотическими факторами.	12	-	-	-	-	12
<b>Раздел 4. Оценка биоразнообразия</b>						
<b>Тема 4.1.</b> Методы количественной оценки разнообразия.	14	-	2	-	-	12
<b>Тема 4.2.</b> Оценка таксономического разнообразия.	14	-	-	-	-	14
<b>Всего часов</b>	<b>108</b>	<b>4</b>	<b>4</b>			<b>100</b>

### 2.3 Распределение контактной работы

Таблица 2.3 – Лекции, их содержание и объем в часах (очная форма обучения)

Номер темы	Номер лекции	Наименование темы. Содержание лекции.	Объем, ч	Семестр

Номер темы	Номер лекции	Наименование темы. Содержание лекции.	Объем, ч	Семестр
T.1.1	Л.1	Основные характеристики варьирующих переменных, законы распределения, критерии достоверности оценок	2	5
T.1.2	Л.2	Корреляционный и регрессионный анализ	2	5
T.2.1	Л.3	Анализ абиотических факторов.	2	5
T.2.2	Л.4	Анализ биотических переменных.	2	5
T.3.2	Л.5	Анализ связи между структурой сообщества и абиотическими факторами.	2	6
T.4.1	Л.6	Методы количественной оценки разнообразия.	2	6
T.4.2	Л.7	Оценка таксономического разнообразия.	2	6
		<b>Общий лекционный объем дисциплины</b>	<b>14</b>	<b>5,6</b>

Таблица 2.4 – Лекции, их содержание и объем в часах (заочная форма обучения)

Номер темы	Номер лекции	Наименование темы. Содержание лекции.	Объем, ч	Семестр
T.1.1	Л.1	Основные характеристики варьирующих переменных, законы распределения, критерии достоверности оценок	2	5
T.1.2	Л.2	Корреляционный и регрессионный анализ.	2	6
		<b>Общий лекционный объем дисциплины</b>	<b>4</b>	<b>5,6</b>

Таблица 2.5 – Практические занятия, их содержание и объем в часах (очная форма обучения)

Номер темы	Номер занятия	Содержание занятий		
			Объем	Семестр
1	2	3	4	5
T1.1	ПР-1	Основные характеристики варьирующих переменных, законы распределения, критерии достоверности оценок	2	5
T1.2	ПР-2	Корреляционный и регрессионный анализ	2	5
T3.1	ПР-3	Оценка состояния биоты в полевых и лабораторных условиях	2	5

T4.1	ПР-4	Методы количественной оценки разнообразия	2	6
T4.2	ПР-5	Оценка таксономического разнообразия.	2	6
		<b>Всего часов по дисциплине</b>	<b>10</b>	<b>5,6</b>

Таблица 2.6 – Практические занятия, их содержание и объем в часах (заочная форма обучения)

Номер темы	Номер занятия	Содержание занятий		
			Объем	Семестр
1	2	3	4	5
T3.1	ПР-1	Оценка состояния биоты в полевых и лабораторных условиях	2	5
T4.1	ПР-2	Методы количественной оценки разнообразия	2	6
		<b>Всего часов по дисциплине</b>	<b>4</b>	<b>5,6</b>

#### 2.4 Распределение самостоятельной работы аспирантов

Распределение самостоятельной работы аспирантов очной и заочной форм обучения отражено в таблице 2.7 и 2.8 соответственно.

Таблица 2.7 – Распределение самостоятельной работы аспиранта (очная форма обучения)

Вид работ	Итого
Изучение теоретического материала по дисциплине	28
Подготовка к практическим занятиям	10
Работа над индивидуальным заданием (РГР)	30
Подготовка к промежуточной аттестации по дисциплине (зачет)	16
<b>Итого</b>	<b>84</b>

Таблица 2.8 – Распределение самостоятельной работы аспиранта (заочная форма обучения)

Вид работ	Итого
Изучение теоретического материала по дисциплине	50
Подготовка к практическим занятиям	4
Работа над индивидуальным заданием (РГР)	30
Подготовка к промежуточной аттестации по дисциплине (зачет)	16
<b>Итого</b>	<b>100</b>

### 3. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Таблица 3.1 – Перечень вопросов и заданий для видов контроля

Наименование вида контроля и темы	Перечень вопросов и задач
<p>Входной контроль. Проводится на 1-2 неделях в виде опроса в устной форме. Текущий контроль. Проводится каждые 2 недели в форме устного опроса по пройденному материалу.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Формы учета результатов наблюдений.</li> <li>2. Вариационные ряды и их основные характеристики.</li> <li>3. Законы распределения.</li> <li>4. Дисперсия и ее свойства.</li> <li>5. Уровень значимости. Понятие о нуль-гипотезе.</li> <li>6. Параметрические критерии: критерий Стьюдента (t-распределение), критерий Фишера (F-распределение).</li> <li>7. Непараметрические критерии: X-критерий Ван-дер-Вардена.</li> <li>8. Понятие о матрицах. Нормализация и стандартизация исходных данных.</li> <li>9. Составление матриц сходства, коэф. сходства.</li> <li>10. Кластеризация и ординация.</li> <li>11. Суть метода ГК, интерпретация ГК-осей.</li> <li>12. Виды биотических матриц.</li> <li>13. Интерпретация меры стресса при MDS-анализе.</li> <li>14. Связь между результатами кластеризации и ординации при изучении структуры сообщества.</li> <li>15. Понятие об индикационных и дискриминаторных видах.</li> <li>16. Расчет коэф-та ранговой корреляции Спирмена (<math>\rho_{\text{max}}</math>), для чего он применяется?</li> <li>17. Суть BIO-ENV метода.</li> <li>18. Геометрические классы особей и видов.</li> <li>19. Кривые доминирования-разнообразия, ABC-метод.</li> <li>20. Оценка ожидаемого видового богатства.</li> <li>21. Понятие об эстиматорах.</li> <li>22. Понятие о таксономическом разнообразии. Индексы таксономической отличительности (<math>AvTD</math> и <math>VarTD</math>).</li> <li>23. Понятие о поли- и олиговидовых ветвях таксономического древа.</li> <li>24. Экологическая интерпретация индексов таксономического разнообразия.</li> </ol>

#### 4. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Матрица формирования компетенций и планируемых результатов освоения дисциплины, по темам или видам работ представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Матрица формирования компетенций

	Компетенции и шифры планируемых результатов освоения дисциплины						
	УК-1	УК-2	УК-3	ОПК-1	ПК-1	ПК-2	ПК-3
<i>1</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>
Л.1	З(УК-1)	З(УК-2)		З(ОПК1)			
Л. 2	У(УК-1)	З(УК-2)	З(УК-3)	В(ОПК-1)			
Л. 3		У(УК-2)	З(УК-3)	В(ОПК-1)	З(ПК-1)	З(ПК-2)	
Л. 4-5		З(УК-2)	З(УК-3)	У(ОПК-1)	З(ПК-1)	З(ПК-2)	
Л. 6-7			З(УК-3)		З(ПК-1)	З(ПК-2)	
П.3.1–П.3.2	В(УК1)		З(УК-3)	У(ОПК-1)	У(ПК-1)		
П.3.3-4	В(УК1)		З(УК-3)	З(ОПК-1)		У(ПК-2)	В(ПК-3)
П.3.5-6	В(УК1)		З(УК-3)	З(ОПК-1)		У(ПК-2)	В(ПК-3)

Таблица 4.2 – Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине

№ п/п	Контролируемые разделы дисциплины (результаты по разделам)	Код контролируемой компетенции (или её части)	Наименование оценочного средства
1.	Л.1	З(УК-1), З(УК-2), З(ОПК-1)	Зачет
2.	Л.2	У(УК-1), З(УК-2)	
3.	Л.3	У(УК-2), З(УК-3), З(ПК-1), З(ПК-2)	
4.	Л. 4-5	З(УК-2), З(УК-3), У(ОПК-1), З(ПК-2)	
5.	Л. 6-7	У(УК2), З(УК3), У(ОПК1), З(ПК1), З(ПК2)	
1.	ПЗ-1-2	В(УК1), З(УК3), У(ОПК1), У(ПК1)	
2.	ПЗ-3-4	В(УК1), З(УК3), У(ОПК1), У(ПК1)	
3.	ПЗ-5-6	В(УК1), З(УК3), З(ОПК1), У(ПК2), В(ПК3)	

Таблица 4.3 – Таблица соответствия результатов контроля знаний по разным шкалам и критерию оценивания

Сумма баллов по 100-балльной шкале	Оценка ECTS	Критерии оценивания	Уровень компетентности и	Оценка по национальной шкале	
				для экзамена, КП (КР), практики	для зачета
90 – 100	А	<b>Отлично</b> - выполнены все требования-компетенции, а именно: теоретическое содержание курса освоено полностью, необходимые практические навыки	Высокий (творческий)	отлично	

		работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены качественно и оценено высоким, близким к максимальному числом баллов.			зачтено
82-89	<b>B</b>	<b>Очень хорошо</b> - теоретическое содержание курса освоено полностью, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, выполнены все предусмотренные программой обучения учебные задания, качество выполнения большинства из них оценено числом баллов, близким к максимальному	Достаточный	хорошо	
74-81	<b>C</b>	<b>Хорошо</b> - теоретическое содержание курса освоено полностью, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые виды заданий выполнены с ошибками			
64-73	<b>D</b>	<b>Удовлетворительно</b> - теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые из выполненных заданий, содержат ошибки	Средний	удовлетворительно	
60-63	<b>E</b>	<b>Достаточно (посредственно)</b> - теоретическое содержание курса освоено частично, некоторые практические навыки работы не сформированы, многие предусмотренные программой обучения учебные задания не выполнены, либо качество выполнения некоторых из них оценено числом баллов, близким к минимальному			
35-59	<b>FX</b>	<b>Условно неудовлетворительно</b> - теоретическое содержание курса освоено частично, необходимые практические навыки работы не сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнено, либо качество их выполнения оценено числом баллов, близким к минимальному; при дополнительной самостоятельной работе над материалом курса возможно повышение качества выполнения учебных заданий	Низкий	не удовлетворительно	не зачтено



1-34	F	<b>Безусловно неудовлетворительно</b> - теоретическое содержание курса не освоено, необходимые практические навыки работы не сформированы, все выполненные учебные задания содержат грубые ошибки, дополнительная самостоятельная работа над материалом курса не приведет к какому-либо значимому повышению качества выполнения учебных заданий			
------	---	---	--	--	--

## 5. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

### Основная литература

- 1 Лакин Г.Ф. Биометрия – М.: Высшая школа, 1980. – 280 с.
- 2 Плохинский Н.А. Алгоритмы биометрии. - М: Изд-во МГУ.- 1980.- 150 с.
- 3 Айвазян С.А., Енюков И.С., Мешалкин Л.Д. Прикладная статистика. Справочное издание.– М.: Финансы и статистика, 1983. – 455 с.
- 4 Плохинский Н.А. Математические методы в биологии. Учебно-метод. Пособие для студентов.- М.: Изд-во МГУ, 1978. - 265с.
- 5 Парчевская Д.С. Статистика для радиоэкологов.- К.: Наукова думка, 1969.- 114 с.

### Дополнительная литература

- 1 Громыко Г.А. Статистика. Пособие для студентов.- М.: Изд-во МГУ, 1981.- 408с
- 2 Боровиков В.Б. Statistica. Искусство анализа данных на компьютере.- СПб: Питер, 2003.- 688с.
- 3 Statistica for Windows (Computer Program Manual). – Tulsa, OK: StatSoft Inc., 2300 East 14<sup>th</sup> Str., Tulsa, OK 74104, 1999. – 184 p. - Web: [Http://www.statsoft.com](http://www.statsoft.com)
- 4 *Clarke K. R., Warwick R.. M. Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation, 2<sup>nd</sup> edition.* – PRIMER-E: Plymouth, 2001. – 154 p.
- 5 *Clarke K.R., Gorley R.N. PRIMER Ver. 5: User Manual / Tutorial.* PRIMER-E: Plymouth, 2001. – 92 p.

## 6. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 6.1 – Описание информационных ресурсов необходимых для освоения дисциплины

№	Адрес сайта и его описание	Перечень материалов представленных на сайте
1.	<a href="http://statanaliz.info/teoriya-i-praktika">http://statanaliz.info/teoriya-i-praktika</a>	Представлена справочная информация по широкому спектру вопросов: по методам, определениям, практическим алгоритмам статистического анализа, учебно-методические материалы для студентов, справочные данные по разнообразным направлениям математической статистики.
2.	<a href="https://www.conted.ox.ac.uk/courses">https://www.conted.ox.ac.uk/courses</a>	Приведены ссылки на различные курсы по анализу данных в экологии (статистика для экологов и полевых биологов)

3.	<a href="http://dic.academic.ru/dic.nsf/ecolog">http://dic.academic.ru/dic.nsf/ecolog</a>	Экологическая статистика, в разделе представлены понятия, приемы, математические методы и модели, предназначенные для организации, сбора, стандартизации, систематизации и обработки статистических данных, полученных в ходе исследований. Экологическая статистика позволяет удобно представлять, интерпретировать и получать теоретические и практические выводы.
4.	<a href="http://gendocs.ru">http://gendocs.ru</a>	На сайте представлен широкий спектр вопросов и примеров по практическому применению алгоритмов статанализа для решения экономических и пр. задач в среде MS Excel
5.	<a href="http://www.freebookezz.com/statistical-analysis-of-ecological-diversity/">http://www.freebookezz.com/statistical-analysis-of-ecological-diversity/</a>	Статьи и методические руководства по применению алгоритмов статанализа для оценки биологического разнообразия

## **7. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

В ходе реализации дисциплины предполагается активное использование различных видов и форм проведения учебных занятий. Выбор образовательных технологий определяется особенностями каждого из разделов.

### **Перечень информационных технологий:**

1. Программное обеспечение Microsoft Word;
2. Программное обеспечение Microsoft Excel;
3. Программное обеспечение Microsoft Power Point.

## **8. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Перечень и краткая характеристика лабораторного оборудования для проведения лекций и практических занятий.

Реализация учебной дисциплины «**Математические методы в морских экологических исследованиях**» требует:

- наличие лекционной аудитории;
- комнаты для самостоятельной работы аспирантов, оснащенной компьютерами с выходом в интернет;
- оборудование – доска, мел, столы, стулья;
- технические средства обучения: мультимедийное оборудование.