

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра прикладной океанографии ЮНЕСКО-МОК и охраны природных вод

Рабочая программа по дисциплине

**МЕТОДОЛОГИЯ ПОСТАНОВКИ И ПРОВЕДЕНИЯ НАТУРНОГО И  
ЛАБОРАТОРНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА**

Основная профессиональная образовательная программа  
высшего образования программы бакалавриата по направлению подготовки

**05.03.05 «Прикладная гидрометеорология»**

Направленность (профиль):  
**Прикладная океанология**

Квалификация:  
**Бакалавр**


Форма обучения  
**Очная/заочная**

Согласовано  
Руководитель ОПОП  
«Прикладная океанология»

 В.А. Царев

Утверждаю  
Председатель УМС  И.И. Палкин

Рекомендована решением  
Учебно-методического совета  
11 06 2019 г., протокол № 7

Рассмотрена и утверждена на заседании кафедры  
16 05 2019 г., протокол № 9  
Зав. кафедрой  Еремина Т.Р.

Автор-разработчик:  
 - Чанцев В.Ю.

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Большая часть открытий в области океанологии происходит в результате правильно поставленного эксперимента. Характер эксперимента определяется пространственно-временным масштабом изучаемого явления и возможностью его выделить на фоне других процессов. Успешность эксперимента зависит от технического оснащения и от тщательности разработки алгоритма проводимого исследования.

Большинство исследовательских экспериментов проводится в естественных условиях океана, но часть процессов и явлений возможно изучить исключительно в лабораторных условиях. Это связано как с масштабом изучаемого явления, так и с возможностью построения адекватной лабораторной модели.

На сегодняшний день достаточно подробно сформулированы методологические подходы организации и проведения натуральных и лабораторных экспериментов. При этом в методах натуральных исследований и лабораторного моделирования существуют значительные различия, требующие досконального изучения. Правильно организованные и проведенные исследовательские эксперименты позволят получить наиболее точное описание физических закономерностей и адекватное их математическое представление.

**Цель дисциплины** «Методология постановки и проведения натурального и лабораторного эксперимента» – ознакомление студентов с методами организации и проведения натуральных и лабораторных экспериментов.

### **Основные задачи дисциплины:**

– изучение закономерностей распределения океанологических и других природных процессов по пространственно-временным масштабам в соответствии с их энергетическими свойствами;

– изучение современных средств получения научно-исследовательской информации, ее хранения и переработки;

– приобретение навыков использования средств и методов проведения натуральных и лабораторных экспериментов, интерпретация результатов;

– приобретение навыков работы с гидрометеорологическими приборами и оборудованием, предназначенным для проведения экспериментов

## 2. Место дисциплины в структуре ООП ВПО

Дисциплина «Методология постановки и проведения натурального и лабораторного эксперимента» для направления подготовки 05.03.05 – Прикладная гидрометеорология по профилю подготовки «Прикладная океанология» относится к дисциплинам по выбору вариативной части Блока 1»Дисциплины (модули)».

Основанием освоения данной дисциплины обучающимися являются курсы: «Методы и средства гидрометеорологических измерений», «Гидромеханика» и «Общая океанология».

Параллельно с дисциплиной «Методология постановки и проведения натурального и лабораторного эксперимента» изучаются «Геоинформационные системы в океанологии», «Физика океана», «Информационно-измерительные системы в гидрометеорологии».

Дисциплина «Методология постановки и проведения натурального и лабораторного эксперимента» является базовой при выполнении научно-исследовательской работы и выпускной квалификационной работы соответствующей направленности.

### 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Код компетенции	Компетенция
ОПК-2	способность к проведению измерений и наблюдений, составлению описания проводимых исследований, подготовке данных для составления обзоров, отчетов и научных публикаций, составлению отчета по выполненному заданию, участию по внедрению результатов исследований и разработок
ОПК-3	способность анализировать и интерпретировать данные натуральных и лабораторных наблюдений, теоретических расчетов и моделирования
ПК-2	способность анализировать явления и процессы, происходящие в природной среде, на основе экспериментальных данных и массивов гидрометеорологической информации, выявлять в них закономерности и отклонения
ПК-4	способность к решению гидрометеорологических задач, достижению поставленных критериев и показателей

В результате изучения дисциплины «Методология постановки и проведения натурального и лабораторного эксперимента» бакалавр должен

#### **Знать:**

- закономерности распределения океанологических и других природных процессов по пространственно-временным масштабам в соответствии с их энергетическими свойствами;
- современные средства хранения и переработки получаемой исследовательской информации;
- современные средства и методы получения научно-исследовательской информации.

#### **Уметь:**

- использовать средства и методы проведения натуральных и лабораторных экспериментов;
- интерпретировать результаты проводимых натуральных и лабораторных экспериментов;
- работать с гидрометеорологическими приборами и оборудованием, предназначенным для проведения экспериментов.

#### **Владеть:**

- методами математической обработки натурной и лабораторной информации;
- навыками организации процессов получения исходной информации и ее математического анализа.

При освоении дисциплины «Методология постановки и проведения натурального и лабораторного эксперимента» студент **должен иметь представление** о возможностях и области применения натуральных и лабораторных экспериментов.

**Соответствие уровней освоения компетенции планируемым результатам  
обучения и критериям их оценивания**

Компетенция	Уровень освоения		
	Минимальный	Базовый	Продвинутый
<b>ОПК-2</b> - способность к проведению измерений и наблюдений, составлению описания проводимых исследований, подготовке данных для составления обзоров, отчетов и научных публикаций, составлению отчета по выполненному заданию, участию по внедрении результатов исследований	Знает методы проведения наблюдений гидрофизических параметров в естественных и лабораторных условиях.	Знает методы проведения наблюдений гидрофизических параметров в естественных и лабораторных условиях. и подходы, позволяющие использовать эти данные для составления обзоров и отчетов.	Знает методы проведения наблюдений гидрофизических параметров в естественных и лабораторных условиях. и подходы, позволяющие использовать эти данные для составления обзоров и отчетов. Понимает особенности получения репрезентативной информации для использования результатов исследования.
	Умеет проводить измерения гидрофизических параметров в естественных и лабораторных условиях и описывать этапы проводимых исследований	Умеет проводить измерения гидрофизических параметров в естественных и лабораторных условиях и описывать этапы проводимых исследований, обрабатывать данные для составления обзоров и отчетов.	Умеет проводить измерения гидрофизических параметров в естественных и лабораторных условиях и описывать этапы проводимых исследований, обрабатывать данные для составления обзоров и отчетов., готовить материалы для анализа
	Владеет навыками составления описания проводимых исследований, но испытывает затруднения при составлении отчета по выполненному заданию.	Владеет навыками составления описания проводимых исследований, составления отчета по выполненному заданию.	Владеет навыками составления описания проводимых исследований, составления отчета по выполненному заданию. Готов участвовать в работах по внедрении результатов исследований
<b>ОПК-3</b> - способность анализировать и интерпретировать данные натурных и лабораторных наблюдений, теоретических расчетов и моделирования	Знает методы анализа закономерностей распределения океанологических и других природных процессов по пространственно-временным масштабам.	Знает методы анализа закономерностей распределения океанологических и других природных процессов по пространственно-временным масштабам и способен интерпретировать данные наблюдений.	Знает методы анализа закономерностей распределения океанологических и других природных процессов по пространственно-временным масштабам и методы проведения теоретических расчетов и моделирования.
	Умеет интерпретировать результаты проводимых натурных и лабораторных экспериментов.	Умеет проводить анализа и интерпретировать результаты проводимых натурных и лабораторных экспериментов.	Умеет проводить анализа и интерпретировать результаты проводимых натурных и лабораторных экспериментов, выполнять теоретические расчеты.
	Владеет навыками проведения натурных и лабораторных экспериментов, но испытывает затруднения при проведении анализа данных и проведении теоретических расчетов.	Владеет навыками проведения анализа натурных и лабораторных экспериментов и интерпретации данных.	Владеет навыками проведения анализа натурных и лабораторных экспериментов и интерпретации данных и выполнения теоретических расчетов.
<b>ПК-2</b> - способность анализировать	Знает современные средства и методы	Знает современные средства и методы получения научно-	Знает современные средства и методы получения научно-

явления и процессы, происходящие в природной среде, на основе экспериментальных данных и массивов гидрометеорологической информации, выявлять в них закономерности и отклонения	получения научно-исследовательской информации.	исследовательской информации, и методы массовой обработки данных.	исследовательской информации, и методы массовой обработки данных. Знает о математических моделях процессов различного масштаба.
	Умеет использовать средства и методы проведения натуральных и лабораторных экспериментов	Умеет использовать средства и методы проведения натуральных и лабораторных экспериментов с подключением методов статистического анализа.	Умеет использовать средства и методы проведения натуральных и лабораторных экспериментов с подключением методов статистического анализа и математического моделирования
	Владеет средствами и методами проведения натуральных и лабораторных экспериментов.	Владеет средствами и методами проведения натуральных и лабораторных экспериментов и методами статистического анализа	Владеет средствами и методами проведения натуральных и лабораторных экспериментов, методами математического моделирования. Знаком с отдельными методами многомерного анализа
ПК-4 – способность к решению гидрометеорологических задач, достижению поставленных критериев и показателей	Знает методы работы с гидрометеорологическими приборами и оборудованием, предназначенным для проведения экспериментов	Знает методы работы с гидрометеорологическими приборами и оборудованием, предназначенным для проведения экспериментов, методы интерпретации.	Знает методы работы с гидрометеорологическими приборами и оборудованием, предназначенным для проведения экспериментов, методы интерпретации. Имеет представление о критериях подобия.
	Умеет работать с гидрометеорологическими приборами и оборудованием, предназначенным для проведения экспериментов	Умеет работать с гидрометеорологическими приборами и оборудованием, предназначенным для проведения экспериментов, и интерпретировать результаты.	Умеет работать с гидрометеорологическими приборами и оборудованием, предназначенным для проведения экспериментов, и интерпретировать результаты. Умеет использовать критерии подобия.
	Владеет навыками работы с приборами и оборудованием, предназначенным для проведения экспериментов.	Владеет навыками работы с приборами и оборудованием, предназначенным для проведения экспериментов, методами интерпретации результатов.	Владеет навыками работы с приборами и оборудованием, предназначенным для проведения экспериментов, методами интерпретации результатов и их математической обработки.

#### 4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 часов.

Объем дисциплины (модуля) по видам учебных занятий  
(в академических часах)

Объем дисциплины	Всего часов	
	Очная форма обучения	Заочная форма обучения
<b>Общая трудоёмкость дисциплины</b>	<b>108</b>	<b>108</b>
<b>Контактная работа обучающихся с преподавателям (по видам аудиторных учебных занятий) – всего:</b>	<b>42</b>	<b>12</b>
в том числе:		
лекции	<b>14</b>	<b>4</b>
лабораторные занятия	<b>28</b>	<b>8</b>
<b>Самостоятельная работа (СРС) – всего:</b>	<b>66</b>	<b>96</b>
в том числе:		
контрольная работа		
<b>Вид промежуточной аттестации</b>	<b>Зачет</b>	<b>Зачет</b>

#### 4.1. Структура дисциплины

##### Очное обучение

№ п/п	Раздел и тема дисциплины	Семестр	Виды учебной работы, в т.ч. самостоятельная работа студентов, час.			Формы текущего контроля успеваемости	Занятия в активной и интерактивной форме, час.	Формируемые компетенции
			Лекции	Лабора- Прак-тич.	Самост. рабо-та			
1	Классификация масштабов океанологических процессов	5	2	– 4	8	Отчет по практической работе	1	ОПК-2, ОПК-3, ПК-2, ПК-4
2	Выделение процесса для исследования	5	2	– 4	8	Отчет по практической работе	1	ОПК-2, ОПК-3, ПК-2, ПК-4
3	Организация натурального эксперимента	5	2	– 4	10	Отчет по практической работе	1	ОПК-2, ОПК-3, ПК-2, ПК-4
4	Выделение процесса для лабораторного эксперимента	5	2	– 4	10	Отчет по практической работе	1	ОПК-2, ОПК-3, ПК-2, ПК-4
5	Подобие	5	2	– 4	10	Отчет по практической работе	1	ОПК-2,

	исследуемого процесса					й работе		ОПК-3, ПК-2, ПК-4
<b>6</b>	Автомодельность и асимптотическое приближение	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>– 4</b>	<b>10</b>	Отчет по практической работе	<b>1</b>	ОПК-2, ОПК-3, ПК-2, ПК-4
<b>7</b>	Технические условия лабораторного эксперимента	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>– 4</b>	<b>10</b>	Отчет по практической работе	<b>1</b>	ОПК-2, ОПК-3, ПК-2, ПК-4
	<b>ИТОГО</b>		<b>14</b>	<b>28</b>	<b>66</b>		<b>7</b>	

### Заочное обучение

№ п/п	Раздел и тема дисциплины	Семестр	Виды учебной работы, в т.ч. самостоятельная работа студентов, час.			Формы текущего контроля успеваемости	Занятия в активной и интерактивной форме, час.	Формируемые компетенции
			Лекции	Лабора- т. Практич.	Самост. работа			
<b>1</b>	Классификация масштабов океанологических процессов	<b>4</b>	<b>0.5</b>	<b>1</b>	<b>13</b>	Отчет по практической работе	<b>1</b>	ОПК-2, ОПК-3, ПК-2, ПК-4
<b>2</b>	Выделение процесса для исследования	<b>4</b>	<b>0.5</b>	<b>1</b>	<b>13</b>	Отчет по практической работе	<b>1</b>	ОПК-2, ОПК-3, ПК-2, ПК-4
<b>3</b>	Организация натурного эксперимента	<b>4</b>	<b>0.5</b>	<b>1</b>	<b>14</b>	Отчет по практической работе	<b>1</b>	ОПК-2, ОПК-3, ПК-2, ПК-4
<b>4</b>	Выделение процесса для лабораторного эксперимента	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>14</b>	Отчет по практической работе	<b>1</b>	ОПК-2, ОПК-3, ПК-2, ПК-4
<b>5</b>	Подобие исследуемого процесса	<b>4</b>	<b>0.5</b>	<b>1</b>	<b>14</b>	Отчет по практической работе	<b>1</b>	ОПК-2, ОПК-3, ПК-2, ПК-4
<b>6</b>	Автомодельность и асимптотическое приближение	<b>4</b>	<b>0.5</b>	<b>1</b>	<b>14</b>	Отчет по практической работе	<b>1</b>	ОПК-2, ОПК-3, ПК-2, ПК-4
<b>7</b>	Технические условия лабораторного эксперимента	<b>4</b>	<b>0.5</b>	<b>1</b>	<b>14</b>	Отчет по практической работе	<b>1</b>	ОПК-2, ОПК-3, ПК-2, ПК-4
	<b>ИТОГО</b>		<b>4</b>	<b>8</b>	<b>96</b>		<b>7</b>	

#### 4.2 Содержание разделов дисциплины

## ***Классификация масштабов океанологических процессов***

Движения и явления планетарного масштаба. Мезомасштабные процессы и масштаб Россби. Радиус деформации Россби для глубоких морей и прибрежных зон. Субмезомасштабные вихревые движения. Мелкомасштабные динамические образования. Вертикальные и горизонтальные масштабы океанических процессов.

### ***Выделение процесса для исследования***

Процессы, влияющие на изменение вертикального профиля термодинамических характеристик. Состояния вертикальной устойчивости вод. Параметры вертикальной стратификации. Характеристики нарушения устойчивости. Масштабы вертикальной свободной и вынужденной конвекции. Процессы диссипации энергии и вещества. Горизонтально распространяющиеся процессы. Процессы, обладающие пространственной структурой. Периодические и непериодические процессы и явления. Методы выделения изучаемого процесса в натуральных экспериментах.

### ***Организация натурального эксперимента***

Выбор района для проведения натурального эксперимента. Соответствие масштаба исследуемого процесса или явления размерам и частоте сетки полигона для проведения наблюдений. Продолжительность и частота наблюдений, которая соответствует выбранной детализации изучаемого процесса. Привлечение дистанционных методов наблюдений. Организация подспутниковых экспериментов. Ассимиляция дистанционных данных в систему натурального эксперимента.

### ***Выделение процесса для лабораторного эксперимента***

Методы исключения влияния паразитных явлений при проведении лабораторных экспериментов. Технические условия проведения лабораторных экспериментов. Методы сохранения подобия исследуемого процесса в лабораторных условиях своему природному аналогу. Определение необходимого времени проведения лабораторного эксперимента и его лабораторного масштаба.

### ***Подобие исследуемого процесса***

Анализ размерностей и подобие. Размерность определяющих параметров. Геометрическое и физическое подобие. Параметры и критерии подобия. Необходимые и достаточные условия подобия. Три теоремы подобия. Первая теорема подобия (теорема Ньютона) об одинаковости критериев подобия. Вторая теорема подобия (П-теорема) о критериях подобия. Третья теорема подобия о необходимых и достаточных условиях подобия физических явлений. Применение анализа размерностей к построению точных частных решений задач математической физики.

### ***Автомодельность и асимптотическое приближение***

Автомодельность. Промежуточная асимптотика. Классификация автомодельных зависимостей и автомодельных решений. Полная и неполная автомодельность. Неполная автомодельность фракталей. Автомодельные решения первого и второго рода. Устойчивость автомодельных и инвариантных решений. Предельные автомодельные решения. Гипотеза турбулентной автомодельности Колмогорова. Законы подобия турбулентного течения.



Полная и неполная автомодельность в теории турбулентности и в геофизической гидродинамике. Асимптотические решения струйных течений.

### ***Технические условия лабораторного эксперимента***

Техническое оснащение лабораторного эксперимента. Выбор необходимого оборудования для проведения экспериментов. Анализ необходимой точности и чувствительности детектирующей лабораторной аппаратуры. Обеспечение сохранения критериев подобия. Юстировка, синхронизация и тестирование детектирующей лабораторной аппаратуры. Проведение тестовых экспериментов. Сохранение первичной информации о проводимом лабораторном эксперименте в цифровом виде на электронных носителях. Обработка получаемой информации.

### **4.3. Семинарские, практические, лабораторные занятия, их содержание**

<b>№ п/п</b>	<b>№ раздела дисциплины</b>	<b>Тематика практических занятий</b>	<b>Форма проведения</b>	<b>Формируемые компетенции</b>
1	1-2	Выделение пространственного масштаба процесса по данным наблюдений	Практическое занятие	ОПК-2, ОПК-3, ПК-2, ПК-4
2	3	Определение необходимой для наблюдений бортовой аппаратуры	Практическое занятие	ОПК-2, ОПК-3, ПК-2, ПК-4
3	3	Соответствие размера и дискретизации полигона масштабу исследуемого процесса	Практическое занятие	ОПК-2, ОПК-3, ПК-2, ПК-4
4	4	Исключения влияния паразитных явлений при проведении лабораторных экспериментов	Практическое занятие	ОПК-2, ОПК-3, ПК-2, ПК-4
5	4	Определение параметров эксперимента	Практическое занятие	ОПК-2, ОПК-3, ПК-2, ПК-4
6	5	Анализ размерностей и П-теорема	Практическое занятие	ОПК-2, ОПК-3, ПК-2, ПК-4
7	5	Построение точных частных решений задач математической физики	Практическое занятие	ОПК-2, ОПК-3, ПК-2, ПК-4
8	6	Анализ устойчивости автомодельных решений	Практическое занятие	ОПК-2, ОПК-3, ПК-2, ПК-4
9	6	Автомодельность в теории турбулентности	Практическое занятие	ОПК-2, ОПК-3, ПК-2, ПК-4
10	6	Асимптотические решения струйных течений	Практическое занятие	ОПК-2, ОПК-3, ПК-2, ПК-4
11	7	Техническое оснащение лабораторного эксперимента	Практическое занятие	ОПК-2, ОПК-3, ПК-2, ПК-3
12	7	Методы обработки получаемой информации	Практическое занятие	ОПК-2, ОПК-3, ПК-2, ПК-3

### **5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов и оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины**

## 5.1. Текущий контроль

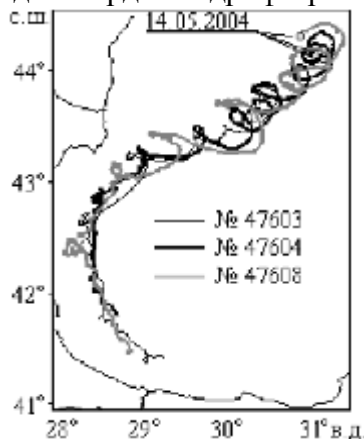
– практическая работа (все формы обучения);

### а). Образцы практической работы

Выделение синоптических и инерционных движений по данным дрейферных измерений

**Цель работы:** На основе дрейферных данных определить характеристики синоптических вихревых образований, формирующихся в результате неустойчивости течения, а также параметры инерционных колебаний (Пространственные размеры вихрей синоптического масштаба и периодичность орбитального обращения вод в них).

**Исходные данные:** Временные ряды координат дрейферов ( $\varphi$ ,  $\lambda$ ).



#### Порядок работы:

По исходным данным определяются скорости дрейфера на фиксированных участках.

По скоростям дрейферов ( $U$ ,  $V$ ) определяются следующие параметры:

Коэффициент горизонтального турбулентного обмена:

$$K_U = \overline{U\zeta} T_U$$

где  $\overline{U\zeta}$  – дисперсия пульсаций лагранжевой скорости, описываемая синоптической компонентой изменчивости;  $T_U$  – интегральный лагранжев масштаб времени.

$$T_U = \int_0^{t_0} R_U(t) dt$$

$R_U(\tau)$  – нормированная автокорреляционная функция

$$R_U(t) = \overline{U\zeta(t)U\zeta(t+t)} / \overline{U\zeta^2}$$

$s_U = (\overline{U\zeta^2})^{1/2}$  – интегральный лагранжев масштаб скорости

$L_U = \sigma_U \cdot T_U$  – интегральный лагранжев масштаб времени

Реальные пространственно-временные характеристики вихрей (горизонтальные размеры и периоды полного орбитального обращения) оцениваются путем анализа годографов, описываемых синоптической компонентой скорости течений, и соответствующих спектров.

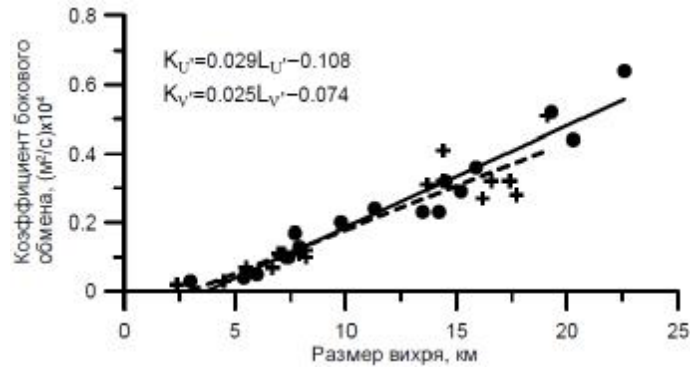
#### Составление отчета:

1. Описание исходных данных (таблица, карта годографа)
2. Описание уравнений, по которым производились расчеты.
3. Результаты расчетов (таблицы, графики).

*Статистически осредненные лагранжевы характеристики синоптических вихревых структур по данным дрейфера*

Номер дрифтера, вихрь	Масштабы						Коэффициенты горизонтального турбулентного обмена, $(\text{м}^2/\text{с}) \cdot 10^4$	
	времени, ч		длины, км		скорости, м/с		$\langle K_{U_s} \rangle$	$\langle K_{V_s} \rangle$
	$\langle T_{U_s} \rangle$	$\langle T_{V_s} \rangle$	$\langle L_{U_s} \rangle$	$\langle L_{V_s} \rangle$	$\langle \sigma_{U_s} \rangle$	$\langle \sigma_{V_s} \rangle$		
16331, А	10,2± 2,0	14,2± 2,3	7,7± 2,9	14,4± 2,7	0,20± 0,04	0,28± 0,02	0,17± 0,10	0,41± 0,09
16331, Б	23,0± 5,1	22,1± 5,1	22,6± 6,7	19,1± 6,9	0,27± 0,06	0,24± 0,08	0,64± 0,27	0,51± 0,34

Зависимость коэффициентов бокового обмена от горизонтальных размеров вихря



#### 4. Анализ полученных результатов.

##### Определение масштаба динамических неоднородностей

**Цель работы:** На основе данных вертикальных профилей течений (ADCP), температуры и солености воды (STD) оценить механизмы генерации вихревых образований и их пространственно-временные масштабы.

**Исходные данные:** Ряды вертикальных профилей составляющих скорости течения (U,V), температуры (T) и солености (S).

##### Порядок работы:

По распределению T и S рассчитать вертикальный профиль плотности воды ( $\rho$ ) и частоты Брента-Вяйсяля (N):

$$N = \sqrt{\frac{g}{r} \frac{dr}{dz}}$$

Рассчитать число Ричардсона Ri, как оценку вклада сдвига скорости в вертикальную неустойчивость течений в условиях устойчивой стратификации:

$$Ri = N^2 \left( \frac{\|U\|}{\|z\|} \right)^2$$

$U$  – модуль вектора скорости течения.

Рассчитать числа Кибеля Ki, описывающий масштаб и происхождение вихревых образований:

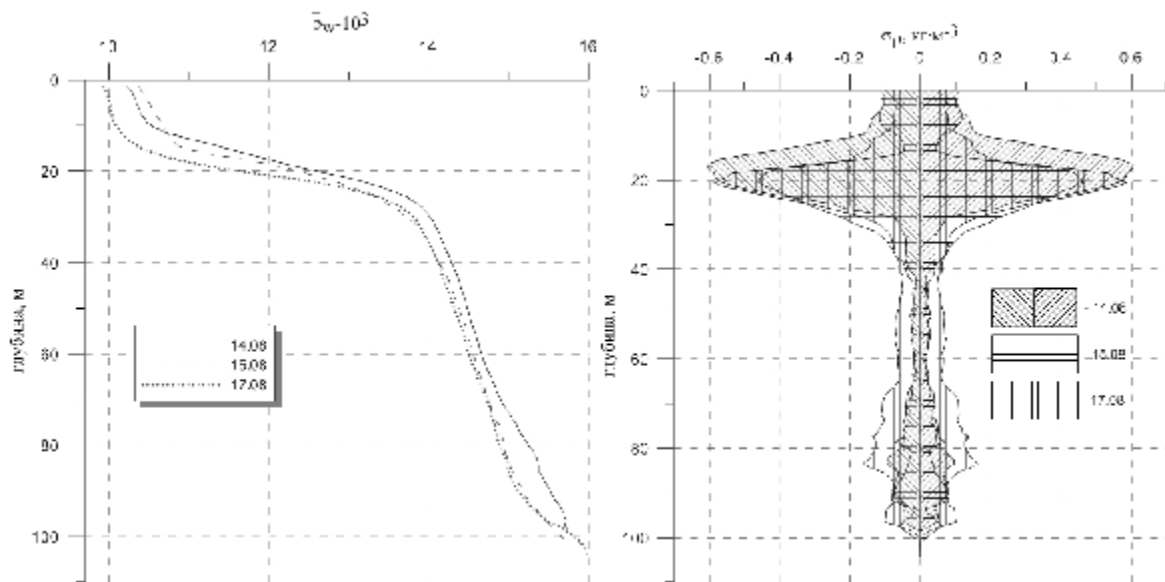
$$Ki = |\Omega_z| \cdot f^{-1},$$

$$W_z = \text{rot } \vec{U} = \mathbf{u}'_y - \mathbf{v}'_x \text{ – относительный вихрь с вертикальной осью}$$

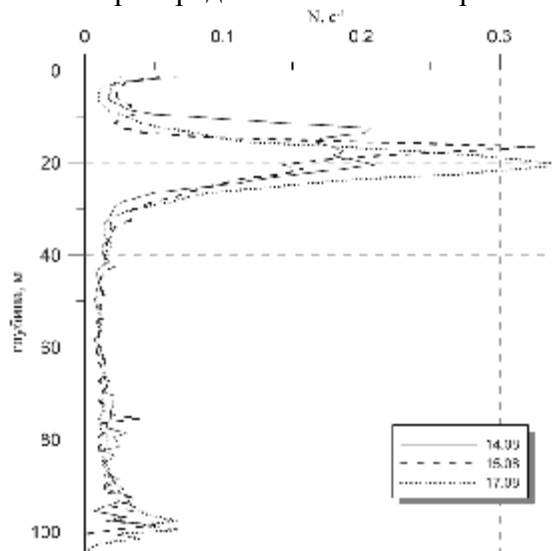
##### Составление отчета:

1. Описание исходных данных (таблица)
2. Описание уравнений, по которым производились расчеты.
3. Результаты расчетов (таблицы, графики).

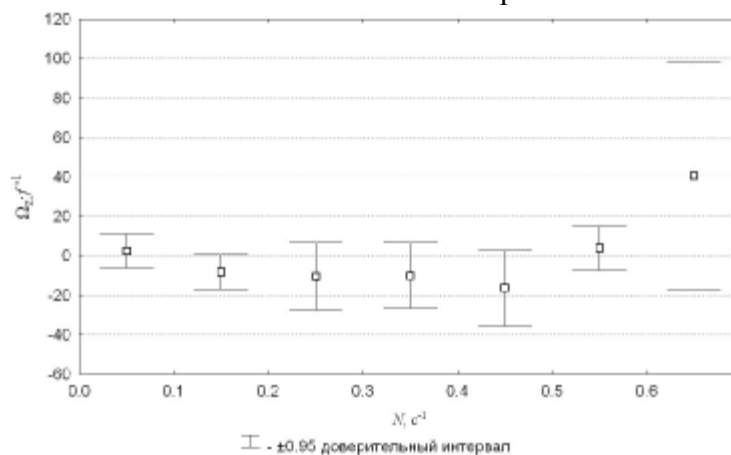
Глубина залегания пикноклина и вертикального распределения осцилляций плотности воды



Вертикальное распределение частоты Брента-Вяйсяля



Связь числа Кибеля с частотой Брента-Вяйсяля



#### 4. Анализ полученных результатов.

##### Радиус деформации Россби по данным наблюдений

**Цель работы** по распределению значений радиуса деформации Россби выявить масштабы и механизмы формирования процессов в море

**Исходные данные:** Ряды вертикальных профилей температуры (T) и солёности (S).

**Порядок работы:**

Рассчитать баротропный радиус деформации Россби:

$$R_{bt} = \frac{\sqrt{gH}}{f},$$

$f = 2\Omega \cdot \sin(\varphi)$  – ускорение Кориолиса

По распределению T и S рассчитать вертикальный профиль плотности воды ( $\rho$ ) и частоты Брента-Вяйсяля (N):

$$N = \sqrt{\frac{g}{r} \frac{d\rho}{dz}}$$

Рассчитать бароклинный радиус деформации Россби:

$$R_n = \frac{c_n}{f}$$

$$c_n = \frac{1}{np} \int_0^H \dot{N}(z) dz \text{ – фазовая скорость n-моды волны Россби}$$

n – номер моды волны Россби

**Составление отчета:**

1. Описание исходных данных (таблица)
2. Описание уравнений, по которым производились расчеты.
3. Результаты расчетов (таблицы, графики).
4. Анализ полученных результатов.

Выявление критериев гидродинамического подобия

**Цель работы** освоить элементы разложения теории размерностей

**Исходные данные:** Система уравнений движения водной среды

$$\left. \begin{aligned} \frac{dv_x}{dt} &= x - \frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial x} + \nu \left( \frac{\partial^2 v_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v_x}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v_x}{\partial z^2} \right) \\ \frac{dv_y}{dt} &= y - \frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial y} + \nu \left( \frac{\partial^2 v_y}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v_y}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v_y}{\partial z^2} \right) \\ \frac{dv_z}{dt} &= z - \frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial z} + \nu \left( \frac{\partial^2 v_z}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v_z}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v_z}{\partial z^2} \right) \end{aligned} \right\}$$

**Порядок работы:**

Вывод числа Фруда –  $Fr = \frac{v}{\sqrt{gl}}, \left( Fr = \frac{v^2}{gl}, Fr = \frac{gl}{v^2} \right);$

Вывод числа Рейнольдса –  $Re = \frac{vl}{\nu};$

Вывод числа Эйлера –  $Eu = \frac{P}{\rho v^2};$

Вывод числа Струхала –  $Sh = \frac{vt}{l}.$

**Составление отчета:**

1. Описание исходных данных
2. Описание уравнений, по которым производились расчеты.
3. Результаты расчетов (уравнения).
4. Анализ полученных результатов (физический смысл введенных чисел).

**Шкала оценивания - двухбалльная**

### Критерии выставления оценки:

- оценка «зачтено»: студент получил индивидуальные значения задаваемых параметров, предоставил письменный отчет, аргументировано обосновал свой выбор, ответы на вопросы по работе демонстрируют владение материалом;
- оценка «не зачтено»: студент не получил индивидуальные значения задаваемых параметров, не предоставил письменный отчет, текст отчета не является оригинальным, ответы на вопросы по работе не демонстрируют владение материалом

### 5.2. Методические указания по организации самостоятельной работы студента

Вид учебных занятий	Организация самостоятельной работы студента
Лекции	Проработать теоретический материал по конспектам лекций. Обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, на практическом занятии.
Практические занятия	Проработать соответствующий теоретический материал по теме доклада, опираясь на рекомендованную литературу. Выбрать форму представления доклада: доклад или доклад с презентацией. Подготовить соответствующие материалы. Быть готовым отвечать на вопросы
Самостоятельная работа по темам	Изучить материал по рекомендованной литературе. Законспектировать, обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, на практическом занятии. Использовать для проверки вопросы для самоконтроля
Подготовка к зачету	При подготовке к зачету ориентироваться на перечень вопросов зачета, рекомендованную литературу, конспект лекций, материалы практических занятий.

### 5.3. Промежуточная аттестация: зачет

Формат зачета – письменные ответы на два вопроса. Время на подготовку – 2 часа

#### Перечень вопросов к зачету

- 1 Движения и явления планетарного масштаба
- 2 Масштаб Россби.
- 3 Субмезомасштабные вихревые движения.
- 4 Вертикальные и горизонтальные масштабы океанических процессов.
- 5 Процессы, влияющие на изменение вертикального профиля характеристик.
- 6 Характеристики нарушения устойчивости.
- 7 Масштабы вертикальной свободной и вынужденной конвекции.
- 8 Горизонтально распространяющиеся процессы.
- 9 Периодические и непериодические процессы и явления.

- 10 Методы выделения изучаемого процесса в натуральных экспериментах.
- 11 Соответствие масштаба процесса размерам сетки полигона наблюдений.
- 12 Продолжительность и частота наблюдений,
- 13 Организация подспутниковых экспериментов.
- 14 Ассимиляция дистанционных данных в систему натурального эксперимента.
- 15 Анализ размерностей и подобие.
- 16 Размерность определяющих параметров.
- 17 Геометрическое и физическое подобие.
- 18 Параметры и критерии подобия.
- 19 Необходимые и достаточные условия подобия.
- 20 Первая теорема подобия (теорема Ньютона) об одинаковости критериев подобия.
- 21 Вторая теорема подобия (П-теорема) о критериях подобия.
- 22 Третья теорема подобия о необходимых и достаточных условиях подобия физических явлений.
- 23 Применение анализа размерностей к построению точных частных решений задач математической физики.
- 24 Методы исключения влияния паразитных явлений при проведении лабораторных экспериментов.
- 25 Технические условия проведения лабораторных экспериментов.
- 26 Сохранение подобия исследуемого процесса в лабораторных условиях своему природному аналогу.
- 27 Определение масштаба лабораторного эксперимента.
- 28 Автомодельность. Промежуточная асимптотика.
- 29 Классификация автомодельных зависимостей.
- 30 Полная и неполная автомодельность.
- 31 Неполная автомодельность фракталей.
- 32 Автомодельные решения первого и второго рода.
- 33 Устойчивость автомодельных и инвариантных решений.
- 34 Предельные автомодельные решения.
- 35 Гипотеза турбулентной автомодельности Колмогорова.
- 36 Законы подобия турбулентного течения.
- 37 Асимптотические решения струйных течений.
- 38 Выбор необходимого оборудования для проведения экспериментов.
- 39 Анализ необходимой точности и чувствительности лабораторной аппаратуры.
- 40 Обеспечение сохранения критериев подобия.
- 41 Юстировка, синхронизация и тестирование лабораторной аппаратуры.
- 42 Проведение тестовых экспериментов.
- 43 Сохранение первичной информации о проводимом лабораторном эксперименте в цифровом виде на электронных носителях.
- 44 Обработка получаемой информации.

**Оценивание письменных ответов осуществляется по двухбалльной шкале.**

**Критерии выставления оценки по двум вопросам:**

- **оценка «зачтено»** - вопросы раскрыты полностью или базово, все индивидуальные задания выполнены с оценкой «зачтено», продемонстрировано владение материалом и терминологией;
- **оценка «не зачтено»** - один из вопросов не раскрыт или оба вопроса нераскрыты базово, имеются неточности формулировок или имеются ошибки, или продемонстрировано слабое владение материалом и терминологией, не все индивидуальные задания выполнены с оценкой «зачтено»;

## 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### а) Основная литература:

1. Динамические процессы береговой зоны моря /под ред. Р.Д. Косьяна и др. – М.: Научный мир, 2003.
2. Баренблатт Г.И. Подобие, автомодельность, промежуточная асимптотика. Теория и приложения к геофизической гидродинамике – Л.: Гидрометеиздат, 1982.
3. Laboratory Modeling and Theoretical Studies of Surface Wave modulation by a Moving Sphere/ Ed. by L.A. Ostrovsky. NOAA, ETL, Boulder CO, 2002.
4. Voropayev, S.I., Afanasyev Y.D. Vortex structures in a stratified fluid. –London: Chapman & Hall, 1994.
5. Седов Л.И. Методы подобия и размерности в механике. – М.: Наука, 1977.

### б) Дополнительная литература:

1. Laboratory Modeling and Theoretical Studies of Wave Processes in the Ocean. Part 1: Experimental Design and Program/ Ed. by L.A. Ostrovsky. NOAA, ETL, Boulder CO, 1997.
2. Laboratory Modeling and Theoretical Studies of Wave Processes in the Ocean. Part 3: Second Stage Result/ Ed. by L.A. Ostrovsky. NOAA, ETL, Boulder CO, 1997.
3. Эпштейн Л.А. Методы теории размерностей и подобия в задачах гидромеханики судов – Л.: Судостроение, 1970.
4. Алабужев П.М. и др. Теории подобия и размерностей. Моделирование. – М.: ВШ, 1968.
5. Макаров В.А., Мензин А.Б. Моделирование океанологических процессов. Лабораторный практикум. – Санкт-Петербург, 1992.

### в) программное обеспечение:

1. Операционная система Windows 7
2. Пакет прикладных программ Microsoft Office

г) профессиональные базы данных не предусмотрены

д) информационные справочные системы не предусмотрены

## 7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Вид учебных занятий	Организация деятельности студента
Лекции	Присутствовать на лекции. Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометить важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции, на консультации, или с использованием удаленного доступа через Интернет
Самостоятельная работа по темам	Изучить материал по рекомендованной литературе. Законспектировать, обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе.



	Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, на практическом занятии. Использовать для проверки вопросы для самоконтроля
Практическое занятия	Проработать соответствующий теоретический материал по теме доклада, опираясь на рекомендованную литературу. Выбрать форму представления доклада: доклад или доклад с презентацией. Подготовить соответствующие материалы Выступить с докладом на занятии и ответить на вопросы.
Подготовка к зачету	При подготовке к зачету необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу, вопросы зачета, а также материалы практических работ.

### **8. Информационные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем**

Тема (раздел) дисциплины	Образовательные и информационные технологии	Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем
Классификация масштабов океанологических процессов	– классические лекции – лекции-визуализации по отдельным темам (чтение лекций проводится с использованием слайд-презентаций) –практические занятия – практические работы (индивидуальные и аудиторные) и обсуждение –самостоятельная работа студента в ЭБС – защита практических работ в рамках промежуточной аттестации	операционная система Windows 7 пакет прикладных программ Microsoft Office
Выделение процесса для исследования	– классические лекции –практические занятия – практические работы (индивидуальные и аудиторные) и обсуждение –самостоятельная работа студента в ЭБС – защита практических работ в рамках промежуточной аттестации	операционная система Windows 7 пакет прикладных программ Microsoft Office
Организация натурального эксперимента	– классические лекции – лекции-визуализации по отдельным темам (чтение лекций проводится с использованием слайд-презентаций) –практические занятия – практические работы (индивидуальные и аудиторные) и обсуждение –самостоятельная работа студента в ЭБС – защита практических работ в рамках промежуточной аттестации	операционная система Windows 7 пакет прикладных программ Microsoft Office
Выделение процесса для лабораторного	– классические лекции –практические занятия – практические работы (индивидуальные и аудиторные)	операционная система Windows 7 пакет прикладных программ

эксперимента	и обсуждение –самостоятельная работа студента в ЭБС – защита практических работ в рамках промежуточной аттестации	Microsoft Office
Подобие исследуемого процесса	– классические лекции –практические занятия – практические работы (индивидуальные и аудиторные) и обсуждение –самостоятельная работа студента в ЭБС – защита практических работ в рамках промежуточной аттестации	операционная система Windows 7 пакет прикладных программ Microsoft Office
Автомодельность и асимптотическое приближение	– классические лекции –практические занятия – практические работы (индивидуальные и аудиторные) и обсуждение –самостоятельная работа студента в ЭБС – защита практических работ в рамках промежуточной аттестации	операционная система Windows 7 пакет прикладных программ Microsoft Office
Технические условия лабораторного эксперимента	– классические лекции –практические занятия – практические работы (индивидуальные и аудиторные) и обсуждение –самостоятельная работа студента в ЭБС – защита практических работ в рамках промежуточной аттестации	операционная система Windows 7 пакет прикладных программ Microsoft Office

## 9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Материально-техническое обеспечение программы соответствует действующим санитарно-техническим и противопожарным правилам и нормам и обеспечивает проведение всех видов практических занятий и самостоятельной работы студентов.

Учебный процесс обеспечен аудиториями, комплектом лицензионного программного обеспечения, библиотекой РГГМУ.

**Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля, оснащенная специализированной (учебной) мебелью.**

**Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, семинарского типа, лабораторных работ, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащенная специализированной (учебной) мебелью, мультимедийным оборудованием, компьютерами с возможностью подключения к сети "Интернет"**

**Помещение для самостоятельной работы студентов.** Помещение оснащено: специализированной (учебной) мебелью, компьютерами с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации

**Помещение для хранения и профилактического обслуживания оборудования** (ноутбук, проектор и переносной экран).

## 10 Особенности освоения дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

Обучение обучающихся с ограниченными возможностями здоровья при необходимости осуществляется на основе адаптированной рабочей программы с использованием специальных методов обучения и дидактических материалов, составленных с учетом

особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся (обучающегося).

При определении формы проведения занятий с обучающимся-инвалидом учитываются рекомендации, содержащиеся в индивидуальной программе реабилитации инвалида, относительно рекомендованных условий и видов труда.

При необходимости для обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья создаются специальные рабочие места с учетом нарушенных функций и ограничений жизнедеятельности.