

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра океанологии

Рабочая программа по дисциплине

**ФИЗИЧЕСКИЕ ПОЛЯ В ОКЕАНЕ**

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»

 Царев В.А.

Утверждаю  
Председатель УМС  И.И. Палкин

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

Рассмотрена и утверждена  
на заседании кафедры  
6.06 2019г., протокол № 7

Зав. кафедрой  Лукьянов С.В.

Авторы-разработчики:  
 Лукьянов С.В.

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина «Физические поля в океане» является продолжением курса «Физика океана» в модуле «Физика атмосферы, океана и вод суши», в которой описывается специфика распространения электромагнитного, светового и акустического полей в океане. Это один из основных предметов, обеспечивающий фундаментальную подготовку бакалавров - гидрометеорологов и создающую базу для дальнейшего более специализированного обучения студентов на уровне бакалавров и магистров.

В задачу курса входит изучение важнейших физических процессов в океане на основе современных теоретических и экспериментальных представлений о них. Изложение материала осуществляется на физико-математической основе в тесной связи с изученными общеобразовательными и специальными дисциплинами: математикой, физикой, магнитной термогидродинамикой, общей океанологией и метеорологией. В свою очередь на материале данного предмета базируется ряд специальных дисциплин, изучаемых на старших курсах.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВПО

Дисциплина «Физические поля в океане» для направления подготовки 05.03.05 – Прикладная гидрометеорология по профилю подготовки «Прикладная океанология» относится к дисциплинам вариативной части профессиональных дисциплин.

Изучение данной дисциплины основывается на знании студентами курсов «Физика», «Математика», «Физика атмосферы, океана и вод суши» и требующее определенных знаний по вычислительной математике и программированию. В свою очередь, она обеспечивает возможность изучения ряда дисциплин, среди которых – «Взаимодействие атмосферы и океана», «Геофизическая гидродинамика», «Региональная океанология», «Инженерная океанология», «Промысловая океанология», «Теория приповерхностного слоя».

## 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате изучения дисциплины формируются следующие компетенции:

ПК-1- обладать способностью понимать разномасштабные явления и процессы в атмосфере, океане и водах суши и способность выделять в них антропогенную составляющую.

ПК-2- обладать способностью анализировать явления и процессы, происходящие в природной среде, на основе экспериментальных данных и массивов гидрометеорологической информации, выявлять в них закономерности и отклонения.

ОПК-1 - обладать способностью представить современную картину мира на основе знаний основных положений, законов и методов естественных наук, физики и математики.

В результате изучения дисциплины **студент должен знать:**

- физическую сущность процессов, протекающих в океане,
- методы их математического описания и экспериментальной проверки.

Студент **должен уметь** провести наблюдение физического процесса, рассчитать его характеристики и параметры, проанализировать и критически оценить полученные результаты, использовать их в оперативной и в научной работе, применительно к задачам как теоретического, так и прикладного характера.

**Должен иметь** представление о направлениях развития прикладной океанологии, о практических требованиях к океанологическим исследованиям.

Основные признаки проявленности формируемых компетенций в результате освоения дисциплины «Физические поля в океане» сведены в таблице.

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

Этап (уровень) освоения компетенции	Основные признаки проявленности компетенции (дескрипторное описание уровня)				
	1.	2.	3.	4.	5.
минимальный	не владеет	слабо ориентируется в терминологии и содержании	Способен выделить основные идеи текста, работает с критической литературой	Владеет основными навыками работы с источниками и критической литературой	Способен дать собственную критическую оценку изучаемого материала
	не умеет	не выделяет основные идеи	Способен показать основную идею в развитии	Способен представить ключевую проблему в ее связи с другими процессами	Может соотнести основные идеи с современными проблемами
	не знает	допускает грубые ошибки	Знает основные рабочие категории, однако не ориентируется в их специфике	Понимает специфику основных рабочих категорий	Способен выделить характерный авторский подход
базовый	не владеет	плохо ориентируется в терминологии и содержании	Владеет приемами поиска и систематизации, но не способен свободно изложить материал	Свободно излагает материал, однако не демонстрирует навыков сравнения основных идей и концепций	Способен сравнивать концепции, аргументированно излагает материал
	не умеет	выделяет основные идеи, но не видит проблем	Выделяет конкретную проблему, однако излишне упрощает ее	Способен выделить и сравнить концепции, но испытывает сложности с их практической привязкой	Аргументированно проводит сравнение концепций по заданной проблематике
	не знает	допускает много ошибок	Может изложить основные рабочие категории	Знает основные отличия концепций в заданной проблемной области	Способен выделить специфику концепций в заданной проблемной области
продвинутый	не владеет	ориентируется в терминологии и содержании	В общих чертах понимает основную идею, однако плохо связывает ее с существующей проблематикой	Видит источники современных проблем в заданной области анализа, владеет подходами к их решению	Способен грамотно обосновать собственную позицию относительно решения современных проблем в заданной области
	не умеет	выделяет основные идеи, но не видит их в развитии	Может понять практическое назначение основной идеи, но затрудняется выявить ее основания	Выявляет основания заданной области анализа, понимает ее практическую ценность, однако испытывает затруднения в описании сложных объектов анализа	Свободно ориентируется в заданной области анализа. Понимает ее основания и умеет выделить практическое значение заданной области
	не знает	допускает ошибки	Способен изложить основное	Знает основное содержание	Может дать критический

		при выделении рабочей области анализа	содержание современных научных идей в рабочей области анализа	современных научных идей в рабочей области анализа, способен их сопоставить	анализ современным проблемам в заданной области анализа
--	--	---------------------------------------	---	---	---

#### 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоёмкость дисциплины 5 з.е. (180 часов), из них аудиторных занятий 70 часов, в том числе – число аудиторных занятий в активной или интерактивной форме – 70 часов.

Вид итогового контроля – экзамен (6 семестр).

##### 4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

###### Очное обучение

№ п/п	Раздел дисциплины	Лекции	Лаб. раб.	Практ. сем.	Сам. раб.	Компетенции
1	Электромагнитные явления в океане	8	8	4	30	ОПК-1 ПК-1,2
2	Оптические явления в океане	10	10	6	40	ОПК-1 ПК-1,2
3	Акустика океана	10	10	4	40	ОПК-1 ПК-1,2
	ИТОГО	28	28	14	110	

Вид учебной дисциплины	Всего Часов	Семестр
		6
Общая трудоёмкость дисциплины	180	180
Аудиторные занятия	70	70
Лекции	28	28
Лабораторные работы (ЛР)	28	28
Практические занятия	14	14
Самостоятельная работа (СР)	110	110
Вид итогового контроля	экзамен	экзамен

###### Заочное обучение

№ п/п	Раздел дисциплины	Лекции	Лаб. раб.	Практ. сем.	Сам. раб.	Компетенции
1	Электромагнитные явления в океане	2	2	-	40	ОПК-1 ПК-1,2
2	Оптические явления в океане	2	2	2	60	ОПК-1 ПК-1,2
3	Акустика океана	4	4	2	60	ОПК-1 ПК-1,2
	ИТОГО	8	8	4	160	

Вид учебной дисциплины	Всего Часов	Семестр
		6
Общая трудоемкость дисциплины	180	180
Аудиторные занятия	20	20
Лекции	8	8
Лабораторные работы (ЛР)	8	8
Практические занятия	4	4
Самостоятельная работа (СР)	160	160
Вид итогового контроля	экзамен	экзамен

## 4.2 Содержание разделов дисциплины

### 1. Электромагнитные поля в океане

Макроскопические электромагнитные свойства морской воды и льда. Диэлектрическая восприимчивость и проницаемость. Их зависимость от температуры и солености воды, от частоты электромагнитных волн. Магнитная восприимчивость и проницаемость. Удельная электропроводность морской воды и льда. Ее зависимость от океанологических характеристик. Практические приложения.

Причины, приводящие к образованию электромагнитных полей в океане. Главное магнитное поле Земли и его изменчивость как одна из основных причин электромагнетизма океана. Мировые магнитные аномалии, их распределение и дрейф. Вековой ход. Локальные магнитные аномалии. Вариации магнитного поля. Классификация электромагнитных полей. Их природа. Уравнения Максвелла, описывающие электромагнитные поля.

Основные положения теории электромагнитного поля гидродинамического происхождения, генерируемого волнами и течениями. Вторичное магнитное поле. Зависимость характеристик электромагнитного поля от параметров волн, от скорости и направления течения. Обратные задачи: электромагнитный метод определения скорости течения, волнения, синоптических вихрей и др.

Теллурические токи в океане, их физическая природа и связь с магнитными вариациями. Теория теллурических токов. Связь электрической напряженности с возмущениями магнитного поля, электропроводящими свойствами морской воды и грунта дна, а также с глубиной океана. Влияние частоты электромагнитного поля на характер его ослабления в океане с глубиной.

Электрохимические и биоэлектрические процессы в океане, формируемые ими поля.

### 2. Оптические явления в океане

Основные характеристики оптических свойств морской воды. Поглощение света морской водой. Рассеяние света морской водой. Индикатрисса рассеяния. Общее ослабление света в морской воде. Зависимость оптических характеристик морской воды от количественного и качественного состава растворенных и взвешенных веществ в воде. Связь между гидрооптическими характеристиками.

Представление о флюоресценции в океане: природа, интенсивность, спектр.

Световое поле в океане. Характеристики, используемые для описания светового поля. Освещенность поверхности океана. Отражение и преломление света поверхностью океана, влияние волнения..

Теория переноса света в океане. Основные понятия. Элементарная теория распространения света в поглощающей и рассеивающей среде . Типы уравнений и основные методы их решения.

Подводная освещенность, создаваемая нисходящим и восходящим потоками света. Закономерности изменения освещенности и спектра светового потока с глубиной. Оптическая классификация морских и океанических вод по данным экспериментальных оптических наблюдений в океане.

Основы теории видимости предметов в океане. Расчет дальности видимости объектов под водой. Перенос изображения через поверхность океана, видимость белого диска. Определение некоторых гидрооптических характеристик по дисковым наблюдениям.

Цвет океана. Колориметрический метод его определения . Спектр излучения океана и его зависимость от показателей поглощения и рассеяния света в воде.

### **3. Акустика океана.**

Упругие свойства морской воды и скорость распространения акустических колебаний в зависимости от температуры, солености и давления. Волновой и лучевой подходы в изучении распространения звука в океане.

Основные положения волновой акустики. Типы акустических волн и описывающие их уравнения. Простейшие решения. Взаимосвязь акустического давления, колебательной скорости и ее потенциала. Их изменение с расстоянием от источника звука. Энергетические характеристики акустического поля. Интенсивность звука. Акустическое сопротивление среды.

Основные положения лучевой акустики. Отражение и преломление звукового луча на плоской границе двух сред. Коэффициенты отражения и пропускания. Вертикальная рефракция акустических лучей в океане. Подводный звуковой канал. Фокусировка звуковых лучей. Каустики. Понятие о горизонтальной рефракции акустических лучей в океане.

Поглощение звука различной частоты в морской воде. Рассеяние звука поверхностным волнением, дном различного строения, пузырьками воздуха и другими неоднородностями воды. Общее ослабление звука в океане. Звукорассеивающие слои.

Основные положения реверберации звука в океане.

Акустические шумы в океане. Их классификация по происхождению: динамические, сейсмические, подледные, биологические, технические. Особенности частотного спектра и интенсивности шумов различного происхождения.

Прикладное использование акустики океана. Определение возможной дальности гидролокации объектов, обусловленной энергетическими факторами. Представление об акустической томографии и ее применение в изучении океана.

#### 4.2. СЕМИНАРСКИЕ, ПРАКТИЧЕСКИЕ, ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ, ИХ СОДЕРЖАНИЕ

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ
1	1	Определение электропроводности образцов соленой воды в лабораторных условиях.
2	1	Вычисление на ПЭВМ электромагнитных эффектов волн по климатической информации.
3	1	Вычисление на ПЭВМ электромагнитных эффектов дрейфовых течений.
4	2	Определение показателя ослабления света в образцах воды в лабораторных условиях
5	2	Определение характеристик светового поля воды в лабораторном бассейне.
6	3	Измерение скорости звука в воде в лабораторном бассейне.
7	3	Определение показателя ослабления звука в воде по лабораторным измерениям.
8	3	Вычисление на ПЭВМ траектории звукового луча в океане и ослабления звука.

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

Самостоятельная работа заключается:

- в выполнении домашних заданий, включая обработку материалов измерений в лаборатории, расчетов по практическим работам и подготовку к семинарам;

##### 5.1 Текущий контроль

- отчеты по результатам выполнения домашних заданий
- выполнение тестовых контрольных опросов после изучения каждого раздела дисциплины

##### а) Образцы тестовых и контрольных заданий текущего контроля

**б) Примерная тематика рефератов, эссе, докладов**  
не планируется

---



## **5.2 Методические указания по организации самостоятельной работы**

*(Указываются темы эссе, рефератов, курсовых работ и др. Приводятся контрольные вопросы и задания для проверки текущего контроля, а также для контроля самостоятельной работы обучающегося по отдельным разделам дисциплины)*

Самостоятельная работа заключается:

- в подготовке отчетов по результатам выполнения домашних заданий

В отчете по результатам выполнения домашнего задания учащиеся указывают

- современное состояние моделирования рассматриваемого процесса;

- основные уравнения используемой модели;

- используемый алгоритм решения;

- программу;

- результаты расчетов в виде рисунков, графиков, таблиц;

- результаты проведенного анализа результатов.

---

### 5.3. Промежуточный контроль: \_\_\_\_\_ аттестация

### 5.4. Образцы билетов к экзамену

6-й семестр

#### БИЛЕТ № 1

1. Спектральный характер изменчивости показателя поглощения света в различных водах. Определите величину показателя поглощения света на глубине 10 м, если при подповерхностной освещенности 50 тыс. Лк, белый диск виден до глубины 25 м. Коэффициент диффузного отражения 0,1.
2. Изменение силы звука при переходе его из одного слоя в другой. Как изменится она при поступлении плоской акустической волны нормально из воздуха в океан. Сила звука в воздухе 80 дБ. Плотность воздуха и воды равны  $1,3 \text{ кг/м}^3$  и  $1020 \text{ кг/м}^3$ . Скорость звука в этих средах 330 м/с и 1490 м/с соответственно.
3. Природа электромагнитных полей Мирового океана. Какая магнитная индукция создается в океане магнитным полем 0,35 Э.

#### БИЛЕТ № 2

1. Индикатриса рассеяния света в воде. Какая доля светового потока в виде рассеянного света выходит из океана при высоте Солнца  $60^\circ$ , если альbedo океана 0,13.
2. Энергетические характеристики акустических волн, интенсивность звука. Какое акустическое давление в океане создает звук интенсивностью 80 дБ ( $P_0 = 0,1 \text{ Н/м}^2$ ).
3. Электропроводность воды как функция температуры, химического состава и гидростатического давления. Определите ее значения для поверхностной ( $T = 25^\circ\text{C}$ ,  $S = 35,5\text{‰}$ ,  $z = 0 \text{ м}$ ), промежуточной ( $T = 5^\circ\text{C}$ ,  $S = 34,5\text{‰}$ ,  $z = 800 \text{ м}$ ) и глубинной ( $T = 3^\circ\text{C}$ ,  $S = 35\text{‰}$ ,  $z = 2000 \text{ м}$ ) вод экваториальной зоны.

#### БИЛЕТ № 3

1. Природа поглощения света в воде. Определите показатели поглощения света в поверхностном слое океана, если по дисковым наблюдениям показатели вертикального ослабления света для синего и красного диапазонов света равны  $0,042 \text{ м}^{-1}$  и  $0,41 \text{ м}^{-1}$ . Коэффициент диффузного рассеяния  $K = 0,08$ .
2. Горизонтальная рефракция звукового луча в океане. На какое расстояние отклонится луч от первоначального направления после прохождения через Гольфстрим (ширина 300 км,  $T = 16^\circ\text{C}$ ,  $S = 35\text{‰}$ ) под углом к нему  $45^\circ$ . В районе излучателя  $T = 5^\circ\text{C}$ ,  $S = 32\text{‰}$ .
3. Основные положения теории теллурических токов в океане. Определите горизонтальную составляющую их напряженности у поверхности центральной части Баренцева моря ( $H = 100 \text{ м}$ ), если магнитное поле меняется с частотой 1 Гц при горизонтальной составляющей 0,08 А/м. Диэлектрическая проницаемость воды 78, удельная электропроводность грунта 10 См/м. В решении учесть только  $R_e$  составляющую.

#### БИЛЕТ № 4

1. Уравнение переноса излучения в океане. Определите величину лучистого потока и соответствующего ему светового потока на глубине 10 м, если подповерхностная освещенность 40 тыс. Лк, а показатель вертикального ослабления освещенности  $0,05 \text{ м}^{-1}$ .
2. Скорость распространения звука в океане. Как различаются скорости звука на глубине 100 м в Арктике ( $T = 1,5^\circ \text{ C}$ ,  $S = 33\%$ ) и в субтропическом антициклоне ( $T = 20^\circ \text{ C}$ ,  $S = 36\%$ ), а также на глубине ПВО, если излучаются источником под углом скольжения  $+10^\circ$ . Указать глубины ПВО. Градиент скорости звука в первом случае  $+0,2 \text{ с}^{-1}$ , а во втором  $-0,2 \text{ с}^{-1}$
3. Главное магнитное поле Земли и его распределение в Мировом океане. Приведите значения составляющих напряженности Главного магнитного поля в  $0,5 \text{ Э}$ , если магнитное наклонение  $70^\circ$ , а склонение  $30^\circ$ .

#### БИЛЕТ № 5

1. Закономерности изменения спектра света с глубиной. Определите показатели поглощения и рассеяния белого света, если белый диск виден до глубины 20 м, а параметр выживания фотона 0,3.
2. Зависимость рефракции акустического луча от пространственной термохалинной стратификации океана. Определите горизонтальную рефракцию луча входящего со скоростью 1460 м/с под углом скольжения  $30^\circ$  в поток шириной 400 км. Скорость звука в потоке 1480 м/с.
3. Факторы, приводящие к формированию электромагнитного поля океана. Какова напряженность магнитного поля, если измеренная магнитная индукция морской воды равна  $0,4 \text{ Гс}$ .

### УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 6.1 Рекомендуемая литература.

а) основная литература:

Доронин Ю.П. Физика океана. Изд. РГГМУ, СПб, 2000 г., 305с.

Доронин Ю.П., Лукьянов С.В. Лабораторные работы по Физике океана. Изд. РГГМИ, СПб. 1993г., 86с.

б) дополнительная литература

Морской лед (Справочное пособие), ред. Фролов И.Е., Гаврило В.П. СПб., Гидрометеиздат, 1997 - гл.1,2.

#### 6.2 Средства обеспечения освоения дисциплины.

- Компьютерный вариант учебника Доронина Ю.П « Физика океана» для дистанционного обучения,
- Фотографии и файлы сканированных монографий и статей по разделам дисциплины.

#### 7. Материально-техническое обеспечение дисциплины.

- Лабораторные бассейны с циркулирующей водой и измерительно-регистрирующей аппаратурой .
- Программные средства обработки результатов измерений на компьютере.

#### 8. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины.

## **8.1. Общие методические принципы изучения дисциплины.**

1. Компьютерный вариант учебника « Физика океана» в интернете.
2. Контроль посещаемости студентами занятий.
3. Тестирование успеваемости студентов.
4. Аттестация студентов по результатам выполнения ими лабораторных и практических работ.
5. Прием коллоквиумов по лабораторным работам.
6. Прием отчетов по результатам каждой выполненной лабораторной или практической работы.
7. Промежуточные письменные тесты, опросы с решением задач по курсу.
8. Прием экзаменов в соответствии с Учебным планом.

Учебное издание

Программа дисциплины:

«ФИЗИЧЕСКИЕ ПОЛЯ В ОКЕАНЕ»

Составитель: Лукьянов Сергей Васильевич

Редактор:

ЛР № 020309 от 30.19.96

---

Подписано в печать офсетн.	Формат 60 x 90 <sup>1/16</sup>	Бумага кн.-жур.	Печать
-------------------------------	--------------------------------	-----------------	--------

Печ. л	Уч. изд. л.	Тираж
Зак.		

---

195196 СПб, Малоохтинский пр. 98 РГГМУ