

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Федеральный исследовательский центр  
«Морской гидрофизический институт РАН»  
(ФГБУН ФИЦ МГИ)



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**СПУТНИКОВАЯ ОКЕАНОЛОГИЯ**

Специальность  
**1.6.17. Океанология**

Форма обучения  
**Очная**

г. Севастополь 202Ч

Рабочая программа дисциплины «Спутниковая океанология» составлена в соответствии с Федеральными государственными требованиями к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре, условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов, утвержденными приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 20 октября 2021 г. № 951.

Разработчик рабочей программы дисциплины:

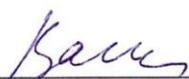
Кубряков Арсений Александрович, кандидат физико-математических наук, доцент отдела аспирантуры ФГБУН ФИЦ МГИ

(Ф.И.О., ученая степень, звание, должность разработчиков).



(Подпись)

Зам. директора по научно-методической и образовательной работе, д. г. н.



Васечкина Е.Ф.

(Подпись)

## 1. ЦЕЛЬ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель изучения дисциплины – изучение основных методов дистанционного зондирования океана из космоса и их применения для проведения спутникового мониторинга и исследования процессов и явлений в океане и атмосфере

## 2. ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

**Задачи изучения дисциплины:**

- ознакомление с основными методами дистанционного зондирования океана и атмосферы из космоса (теоретический компонент);
- применение спутниковых измерений для исследования процессов и явлений в океане и атмосфере Земли (познавательный компонент);
- освоение основ поиска, обработки и анализа спутниковых данных для проведения спутникового мониторинга акваторий Мирового океана (практический компонент).

## 3. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ПРОГРАММЫ АСПИРАНТУРЫ

3.1. Дисциплина «Спутниковая океанология» относится к Образовательному компоненту «Дисциплины (модули)» программы аспирантуры по специальности 1.6.17. Океанология.

3.2. Данная программа предназначена для изучения современных методов исследования и освоения способов их применения для исследования океанических процессов. Она предназначена для аспирантов ФГБУН ФИЦ МГИ, прошедших обучение по программе подготовки магистров/специалистов, прослушавших соответствующие курсы и имеющих по ним положительные оценки. Для освоения дисциплины требуются знания и умения, приобретенные обучающимися в результате освоения ряда предшествующих дисциплин (разделов дисциплин):

- «Математический анализ»;
- «Методы и средства океанологических наблюдений»;
- «Основы программирования».

3.3. Дисциплина «Спутниковая океанология» необходима при подготовке диссертации и при подготовке к сдаче кандидатского экзамена.

## 4. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс изучения дисциплины «Спутниковая океанология» направлен на формирование элементов следующих компетенций по специальности 1.6.17. Океанология:

- способность проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки (УК-2);
- способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий (ОПК-1);
- умение использовать современные методы исследования океанологических процессов и явлений с целью анализа и прогноза состояния морской среды и получения приоритетных научных результатов (ПК-2);
- способность выполнять информационный поиск, обработку и критический анализ разнородной информации по объектам исследований в океанологии, используя современные информационные технологии (ПК-4).

По окончании изучения дисциплины аспиранты должны будут:

**Знать:**

- принципы современных методов дистанционного зондирования океана и атмосферы из космоса;
- методы обработки и анализа спутниковых данных;

– области применения спутниковых измерений для исследования океанических и атмосферных процессов;

– современные достижения океанологии, основанные на спутниковых измерениях;

**Уметь:**

– осуществлять спутниковый мониторинг различных параметров морской среды;

– применять современные методы дистанционного зондирования для решения фундаментальных и прикладных задач океанологии;

**Владеть:**

– исследования процессов в океанической среде по спутниковым измерениям;

– численной обработки и анализа спутниковых данных;

– проведения спутникового мониторинга акваторий Мирового океана;

– постановки и планирования решения океанологических задач.

Таблица1. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Код и уровень формируемой компетенции	Владения	Умения	Знания
(УК-2) – 1	постановки и планирования решения океанологических задач на основе спутниковой информации	применять спутниковые измерения для исследования океанических и атмосферных процессов	современные достижения океанологии, основанные на спутниковых измерениях
(ОПК-1) – 1	методы анализа спутниковой информации	исследовать процессы в океанической среде по спутниковым измерениям	области применения спутниковых измерений для исследования процессов в океане и атмосфере
(ПК-2)-1	современные методы дистанционного зондирования для решения фундаментальных и прикладных задач океанологии;	осуществлять спутниковый мониторинг различных параметров морской среды	принципы современных методов дистанционного зондирования океана и атмосферы из космоса
(ПК-4)-1	численные методы численной обработки спутниковых данных	статистический анализ спутниковой информации	современные архивы и форматы для хранения спутниковых данных

## 5. ОБЪЕМ И ВИД УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 академических часов.

Таблица 2. Распределение трудоемкости в часах по всем видам аудиторной и самостоятельной работы аспиранта:

Виды учебной работы	Трудоемкость (часы)	
	Часы	ЗЕ
Аудиторные занятия (всего), в том числе:		
Лекции	38	1,05
Семинары	26	0,72
Самостоятельная работа (всего)	12	0,33
Форма аттестации по дисциплине <b>зачет с оценкой</b>	1,89	68
	2	0,05
<b>Общая трудоемкость</b>	<b>108</b>	<b>3</b>

## 6. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

**Тема 1.** Введение в спутниковую океанологию.

Циркуляция океана и атмосферы. Процессы в океанической среде. Параметры океана, определяемые со спутников. Наблюдения за процессами в океанической среде по спутниковым измерениям.

**Тема 2.** Физические основы дистанционного зондирования.

Введение в спутниковую океанологию. Параметры океана, определяемые со спутников. Электромагнитный спектр. Спектральные диапазоны длин волн, применяющиеся в ДЗЗ

Электромагнитное излучение, его взаимодействие с атмосферой и поверхностью Земли. Понятие спектральной яркости. Окна прозрачности атмосферы.

**Тема 3.** Системы дистанционного зондирования.

Носители съемочной аппаратуры. Параметры орбиты. Космическая съемка. Понятия орбиты, трассы, подспутниковой точки. Наклонение орбиты. Виды орбит. Высота орбит

Солнечно-синхронная орбита (ССО). Геостационарная орбита. Период обращения спутника. Ширина полосы обзора. Пассивное и активное дистанционное зондирование.

Временное разрешение. Пространственное разрешение. Спектральное разрешение.

**Тема 4** Исследование процессов в океане по спутниковым измерениям в оптическом диапазоне.

Принципы измерений яркости в оптическом диапазоне. Атмосферная коррекция. Оптические свойства океана. Проявление динамических процессов в спутниковых измерениях оптического диапазона. Определение биооптических характеристик океана по спутниковым измерениям. Восстановление и изменчивость концентрации хлорофилла А в океане. Наблюдения за различными группами водорослей в океане по спутниковым измерениям. Оптические свойства вод по спутниковым измерениям.

**Тема 5.** Практическая работа: Основы анализа и обработки спутниковых измерений.

Архивы спутниковых данных. Форматы спутниковых данных. Загрузка и обработка спутниковых оптических данных с помощью современных программных средств. Основы анализа пространственной и временной изменчивости оптических свойств океана. Проведение работы по исследованию изменчивости оптических характеристик некоторых морей Мирового океана.

**Тема 6.** Температура поверхности океана по спутниковым измерениям в инфракрасном и микроволновом диапазоне.

Основы определения температуры поверхности океана (ТПО) по инфракрасным и микроволновым измерениям. Формирование яркостного сигнала на верхней границе атмосферы. Пространственное распределение температуры поверхности океана по спутниковым измерениям. Климатическая и сезонная изменчивость ТПО по спутниковым измерениям. Влияние динамических процессов на распределение температуры в океане (апвеллинги, течения, вихри). Геостационарные измерения ТПО - суточные изменения температуры океана.

**Тема 7.** Спутниковые измерения солености поверхности океана

Принципы определения солености поверхности океана (СПО) по спутниковым измерениям в микроволновом диапазоне. Пространственное распределение солености поверхности океана по спутниковым измерениям. Сезонная изменчивость СПО по спутниковым измерениям. Процессы, влияющие на изменчивость солености в океане: осадки, стоки рек, течения, планетарные волны.

**Тема 8.** Практическая работа: Анализа и обработка спутниковых измерений температуры и солености.

Загрузка и обработка спутниковых данных о температуре и солености с помощью современных программных средств. Основы анализа пространственной и временной изменчивости температуры и солености океана. Проведение работы по исследованию изменчивости термохалинных свойств некоторых морей Мирового океана.

**Тема 9.** Динамика океана по альтиметрическим наблюдениям.

Определение уровня океана по альтиметрическим измерением. Аномалии уровня моря. Геофизические коррекции к измерениям альтиметров. Определение геострофических скоростей течений в океане по измерениям альтиметров. Рост уровня океана по альтиметрическим данным.

Основные течения в океане по альтиметрическим данным. Волны Россби в океане. Синоптические вихри в океане. Методы изучения вихревой динамики по альтиметрическим данным. Применение лагранжевых методов для исследования транспорта вещества по альтиметрическим данным.

**Тема 10.** Практическая работа: Использование альтиметрических данных для исследования динамики океана.

Загрузка и обработка спутниковых альтиметрических данных об аномалиях уровня моря и скоростях геострофических течений. Основы анализа изменчивости динамических характеристик океана по спутниковым данным. Проведение работы по исследованию динамики некоторых морей Мирового океана.

**Тема 11.** Определение скорости ветра по измерениям скаттерометров.

Принципы скаттерометрических измерений скорости ветра. Активные методы дистанционного зондирования. Шероховатость поверхности. Изменчивость ветра в океане по скаттерометрическим измерениям. Влияние ветра на процессы в океане. Особенности мелкомасштабной изменчивости поля ветра в океане.

**Тема 12.** Определение ледовых характеристик океана по спутниковым измерениям.

Характеристики морского льда. Методы определения характеристик ледового покрова по спутниковым измерениям. Определение концентрации, толщины, возраста льда по спутниковым измерениям. Изменения ледового покрова на Земле по спутниковым данным.

**Тема 13.** Волны в океане по спутниковым альтиметрическим измерениям.

Характеристики волн. Принципы определения высот волн в океане по альтиметрическим данным. Наблюдения за изменчивостью волнения по данным спутниковой альтиметрии. Долговременные изменения параметров волнения. Проведение работы по исследованию изменчивости волнения в некоторых частях Мирового океана.

**Тема 14.** Радиолокационные измерения высокого разрешения для изучения характеристик поверхности океана.

Основы радиолокационного зондирования океана из космоса. Проявления различных процессов в радиолокационных изображениях. Нефтяные пленки в океане. Распространение нефтяных загрязнений в океане.

**Тема 15.** Основы спутниковых методов исследования атмосферы.

Краткий обзор методов определения характеристик облачности, осадков, водяного пара, температуры и влажности атмосферы по спутниковым измерениям.

## 7. СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 3. Темы курса, их содержание и объем в часах

Наименование разделов и тем	Объем работы (в часах)	Всего учебных занятий (в часах)				
		лекции	семинары	самостоятельная рабо- та	промежуточ- ная атеста- ция	
1	2	3	4	5	6	
Тема 1. Введение в спутниковую океанологию	6	2		4		
Тема 2. Физические основы дистанционного зондиро- вания.	6	2		4		
Тема 3. Системы дистанционного зондирования.	6	2		4		
Тема 4 Исследование процессов в океане по спутни- ковым измерениям в оптическом диапазоне.	6	2		6		
Тема 5. Практическая работа: Основы анализа и обра- ботки спутниковых измерений	10		4	6		

1	2	3	4	5	6
Тема 6. Температура поверхности океана по спутниковым измерениям в инфракрасном и микроволновом диапазоне.	6	2		4	
Тема 7. Спутниковые измерения солености поверхности океана	6	2		4	
Тема 8. Практическая работа: Анализ и обработка спутниковых измерений температуры и солености	10		4	6	
Тема 9. Динамика океана по альtimетрическим наблюдениям	14	4		10	
Тема 10. Практическая работа: Использование альтиметрических данных для исследования динамики океана	8		4	4	
Тема 11. Определение скорости ветра по измерениям скаттерометров	6	2		4	
Тема 12. Определение ледовых характеристик океана по спутниковым измерениям	6	2		4	
Тема 13. Волны в океане по спутниковым альтиметрическим измерениям	6	2		4	
Тема 14. Радиолокационные измерения высокого разрешения для изучения характеристик поверхности океана	6	2		4	
Тема 15. Основы спутниковых методов исследования атмосферы	6	2		4	
Зачет					2
Всего по дисциплине:	<b>108</b>	<b>26</b>	<b>12</b>	<b>68</b>	<b>2</b>

Таблица 4. Содержание семинарских занятий по дисциплине «Спутниковая океанология»:

№ занятия	№ темы	Краткое содержание занятия	Кол-во часов
1	5	Основы обработки спутниковых данных с помощью математических пакетов обработки. Обучение поиску и обработки спутниковых изображений. Решение задач об использования оптических спутниковых данных для мониторинга бассейнов Мирового Океана	4
2	8	Решение задач об использования спутниковых данных о температуре и солености для мониторинга термохалинной структуры бассейнов Мирового Океана	4
3	10	Определение скоростей течений в бассейнах Мирового океана по альтиметрическим данным. Решение задач о мониторинге изменения уровня морей и динамики течений в бассейнах Мирового Океана по спутниковым данным	4
<b>Всего</b>			<b>12</b>

## 8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ ОСВОЕНИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Технология процесса обучения по дисциплине «Спутниковая океанология» включает в себя следующие образовательные мероприятия:

- аудиторные занятия (лекционно-семинарская форма обучения);

- практические занятия;

- самостоятельная работа студентов;

- контрольные мероприятия в процессе обучения и по его окончанию (зачет).

В учебном процессе используются как активные, так и интерактивные формы проведения

занятий: дискуссия, метод поиска быстрых решений в группе.

Аудиторные занятия проводятся в интерактивной форме с использованием мультимедийного обеспечения (ноутбук, проектор) и технологии проблемного обучения.

Презентации позволяют качественно иллюстрировать практические занятия схемами, формулами, чертежами, рисунками. Кроме того, презентации позволяют четко структурировать материал занятия.

Электронная презентация позволяет отобразить процессы в динамике, что позволяет улучшить восприятие материала.

Самостоятельная работа организована в соответствие с технологией проблемного обучения и предполагает следующие формы активности:

- самостоятельная проработка учебно-проблемных задач, выполняемая с привлечением основной и дополнительной литературы;
- поиск научно-технической информации в открытых источниках с целью анализа и выявления ключевых особенностей.

Основные аспекты применяемой технологии проблемного обучения:

- постановка проблемных задач отвечает целям освоения дисциплины «Спутниковая океанология» и формирует необходимые компетенции;
- решаемые проблемные задачи стимулируют познавательную деятельность и научно-исследовательскую активность аспирантов.

## **9. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

Цель контроля – получение информации о результатах обучения (приобретенных компетенциях) и степени их соответствия результатам обучения.

### **9.1. Текущий контроль.**

Текущая самостоятельная работа студента направлена на углубление и закрепление знаний, и развитие практических умений аспиранта. Текущий контроль успеваемости, т.е. проверка усвоения учебного материала, регулярно осуществляется на протяжении семестра. Текущий контроль знаний учащихся организован как устный групповой опрос.

### **9.2. Промежуточная аттестация.**

Промежуточная аттестация осуществляется в конце семестра и завершает изучение дисциплины «Спутниковая океанология». Форма аттестации – дифференцированный зачет в письменной или устной форме. Знания, полученные при освоении дисциплины, также будут использоваться при подготовке к кандидатскому экзамену.

Обучающийся допускается к зачету в случае выполнения всех учебных заданий и мероприятий, предусмотренных настоящей программой. В случае наличия учебной задолженности (пропущенных занятий и (или) невыполненных заданий) аспирант отрабатывает пропущенные занятия и выполняет задания.

Оценивание обучающегося на зачете осуществляется с использованием нормативных оценок «зачет» («отлично», «хорошо», «удовлетворительно») / «не зачет».

Таблица 5. Оценивание аспиранта на промежуточной аттестации в форме зачета по дисциплине «Спутниковая океанология»

<b>Оценка по национальной шкале</b>		<b>Требования к знаниям и критерии выставления оценок</b>
<b>Для зачета с оценкой</b>	<b>для зачета</b>	
<i>Зачтено</i>	<i>отлично</i>	Аспирант при ответе демонстрирует полноценное знание содержания тем учебной дисциплины, знает основные методы и принципы определения параметров океанической среды по спутниковым измерениям. Способен осуществлять спутниковый мониторинг акваторий Мирового океана, анализ процессов в среде по этим измерениям и намечать пути их решения.
	<i>хорошо</i>	Аспирант знает основное содержание учебной дисциплины, имеет достаточное представление о физических и биологических процессах, исследуемых при помощи данных дистанционного зондирования. Демонстрирует знание терминов и понятий, методов и принципов спутниковой океанологии на достаточном уровне.
	<i>удовлетворительно</i>	Аспирант в целом представляет содержание учебного курса, демонстрирует правильное понимание физических и биологических процессов, исследуемых по спутниковым данным, знает основные термины и понятия в спутниковой океанологии.
<i>не зачтено</i>	<i>неудовлетворительно</i>	Аспирант при ответе демонстрирует плохое знание значительной части основного материала в области дистанционного зондирования океана из космоса. Не информирован или слабо разбирается в методах спутникового зондирования, не способен применять спутниковую информацию для исследования процессов в океанической среде.

6.3. Список вопросов для проведения текущего контроля и устного опроса обучающихся:

- основные параметры океана, определяемые по спутниковым данным;
- спектральные диапазоны длин волн, применяющиеся в ДЗЗ;
- виды и параметры орбит;
- факторы, влияющие на перенос излучения в атмосфере в оптическом диапазоне;
- биооптические характеристики океана по спутниковым измерениям;
- процессы в океане, наблюдаемые со спутников в оптическом диапазоне;
- факторы, влияющие на перенос излучения в атмосфере в инфракрасном диапазоне;
- окна прозрачности атмосферы;
- факторы, влияющие на перенос излучения в атмосфере в микроволновом диапазоне;
- процессы в океане, наблюдаемые со спутников в инфракрасном диапазоне;
- микроволновые измерения температуры;
- принципы определения солености поверхности океана по спутниковым измерениям;
- процессы в океане, наблюдаемые по измерениям спутниковой солености;
- принципы альтиметрических измерений уровня моря;
- определение скоростей геострофических течений по альтиметрическим измерениям;
- процессы в океане, наблюдаемые по альтиметрическим измерениям;
- принципы скаттерометрических измерений скорости ветра;
- характеристики морского льда, определяемые по спутниковым измерениям;
- принципы определения высоты волн в океане по альтиметрическим данным;

- основы радиолокационного зондирования океана из космоса;
- нефтяные пленки в океане.

## 10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Таблица 6. Основная литература по курсу

	Наименование и полное библиографическое описание	Количество экземпляров в библиотеке
1	Коротаев, Г. К., & Еремеев, В. Н. (2006). Введение в оперативную океанографию Черного моря. Севастополь: НПЦ «ЭКОСИ-Гидрофизика».	5 – аб 1 – ч/з
2	Нелепо, Б. А., & Сагдеев, Р. Ж. (1983). Спутниковая гидрофизика. Изд-во "Наука".	13 экз.
3	Нелепо, Б. А. (1985). Исследование океана из космоса. Наук. думка.	5 экз.

Электронные версии:

1	Лаврова, О. Ю., Костяной, А. Г., Лебедев, С. А., Митягина, М. И., Гинзбург, А. И., & Шеремет, Н. А. (2011). Комплексный спутниковый мониторинг морей России. М.: ИКИ РАН.
2	Campbell, James B. <i>Introduction to remote sensing</i> . CRC Press, 2002.
3	Maul, G. A. (2012). <i>Introduction to satellite oceanography</i> (Vol. 3). Springer Science & Business Media.

## 11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Занятия по дисциплине проводятся в аудитории, оснащенной мультимедийным проектором с экраном и персональными компьютерами доступом в интернет.