

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

### АССИМИЛЯЦИЯ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ

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**

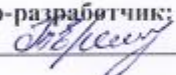
Согласовано  
Руководитель ОПОП  
«Прикладная океанология»

 В.А. Царев

Утверждаю  
Председатель УМС  И.И. Палкин

Рекомендована решением  
Учебно-методического совета  
11 05 2019 г., протокол № 7

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

Автор-разработчик:  
 Еремина Т.Р.

Санкт-Петербург 2019

## 1. Цели освоения дисциплины

Цель дисциплины – формирование у бакалавров прикладной гидрометеорологии, обучающихся по профилю прикладная океанология, представления о методах ассимиляции (усвоения) гидрометеорологических данных в оперативных океанографических системах.

Основные задачи дисциплины:

- ознакомление со структурой и отдельными модулями оперативной океанографической системы,
- получение представлений о различных типах гидрометеорологических данных доступных в режиме близком к реальному времени,
- изучение основных методов ассимиляции данных наблюдений в океанологии,
- приобретения навыков выполнения простых ассимиляционных алгоритмов для различных типов гидрометеорологических данных.

Дисциплина изучается всеми студентами, обучающимися по программе подготовки бакалавров на океанологическом факультете.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Ассимиляция гидрометеорологических данных» для направления подготовки 050305 – Прикладная гидрометеорология по профилю подготовки «Прикладная океанология» относится к дисциплинам по выбору вариативной части Блока 1 «Дисциплины (модули)».

Для освоения данной дисциплины, обучающиеся должны освоить разделы дисциплин: «Математика», «Физика», «Общая океанология», «Физика атмосферы», «Физика океана», «Информационно-измерительные системы в гидрометеорологии», «Геоинформационные системы в океанологии».

Параллельно с дисциплиной «Ассимиляция гидрометеорологических данных» изучаются «Динамика океана», «Морские гидрологические прогнозы», «Моделирование морских экосистем».

Дисциплина «Ассимиляция гидрометеорологических данных» является базовой при продолжении обучения по направлению подготовки 050405 – Прикладная гидрометеорология (квалификация «Магистр»), а также для преддипломной и научно-исследовательской практик.

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

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

Код компетенции	Компетенция
ОПК-3	способность анализировать и интерпретировать данные натуральных и лабораторных наблюдений, теоретических расчетов и моделирования
ОПК-5	Готовность к освоению новой техники, новых методов и новых технологий
ПК-3	Способность прогнозировать основные параметры атмосферы, океана и вод суши на основе проведенного анализа имеющейся информации
ППК-1	Готовность применять профессиональные знания для обеспечения потребителей фактической морской гидрометеорологической информацией

В результате освоения компетенций в рамках дисциплины «Ассимиляция гидрометеорологических данных» обучающийся должен:

Знать:

- общую структуру оперативной океанографической системы и назначение ее отдельных модулей;
- основные методы и подходы к ассимиляции (усвоению) гидрометеорологических данных наблюдений.

Уметь:

- работать с базами гидрометеорологических данных доступных в режиме близком к реальному времени;
- обработать и подготовить различные типы данных наблюдений для ассимиляционной процедуры;
- выполнить ассимиляцию данных наблюдений, основанную на простых релаксационных схемах;
- оценить эффективность применяемой ассимиляционной процедуры;

Владеть:

- современными методами ассимиляции данных наблюдений, используемыми в действующих оперативных океанографических системах.

Основные признаки проявленности формируемых компетенций в результате освоения дисциплины «Ассимиляция гидрометеорологических данных» 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 при выделении рабочей области анализа	Способен изложить основное содержание современных научных идей в рабочей области анализа	Знает основное содержание современных научных идей в рабочей области анализа, способен их сопоставить	Может дать критический анализ современным проблемам в заданной области анализа

#### 4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 часов,

Объем дисциплины (модуля) по видам учебных занятий  
в академических часах)<sup>1</sup>

Объем дисциплины	Всего часов	
	Очная форма обучения	Заочная форма обучения
<b>Общая трудоёмкость дисциплины</b>	<b>108</b>	<b>108</b>
<b>Контактная<sup>2</sup> работа обучающихся с преподавателям (по видам аудиторных учебных занятий) – всего<sup>3</sup>:</b>	<b>42</b>	<b>12</b>
в том числе:		
лекции	<b>14</b>	<b>4</b>
практические занятия	<b>14</b>	<b>4</b>
лабораторные занятия	<b>14</b>	<b>4</b>
<b>Самостоятельная работа (СРС) – всего:</b>	<b>66</b>	<b>96</b>
в том числе:		
контрольная работа		
<b>Вид промежуточной аттестации (зачет/экзамен)</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- т.ч. Практич.	Самост. работа			
<b>1</b>	Оперативные океанографические системы	8	6	– 8	22	Доклад	8	ОПК-5, ПК-3, ППК-1
<b>2</b>	Гидрометеорологи-	8	2	6 6	20	Доклад;	6	ОПК-3

	ческие данные					Расчетно-графическая работа		ППК-1
<b>3</b>	Ассимиляция гидрометеорологических данных в океанологии	8	6	8 –	24	Расчетно-графическая работа		ОПК-3 ОПК-5, ПК-3, ППК-1
	<b>ИТОГО 108 часов</b>		14	14 14	66		14	

### Заочное обучение

№ п/п	Раздел и тема дисциплины	Курс	Виды учебной работы, в т.ч. самостоятельная работа студентов, час.			Формы текущего контроля успеваемости	Занятия в активной и интерактивной форме, час.	Формируемые компетенции
			Лекции	Лаборат. Практич.	Самост. работа			
<b>1</b>	Оперативные океанографические системы	5	1	– 2	16	Доклад	2	ОПК-5, ПК-3, ППК-1
<b>2</b>	Гидрометеорологические данные	5	1	2 2	20	Доклад; Расчетно-графическая работа	2	ОПК-3 ППК-1
<b>3</b>	Ассимиляция гидрометеорологических данных в океанологии	5	2	2 –	20	Расчетно-графическая работа		ОПК-3 ОПК-5, ПК-3, ППК-1
	<b>Итого 108 часов</b>		4	4 4	80		4	

## 4.2. Содержание разделов дисциплины

### 4.2.1 Оперативные океанографические системы

Общая структура оперативной океанографической системы. Гидродинамический модуль. Основные уравнения, принимаемые приближения и используемые параметризации. Вычислительные сетки. Пространственное и временное разрешение глобальных и региональных моделей. Граничные условия на жидкой и твердой границах, атмосферный форсинг. Начальные условия: проблема инициализации гидродинамических моделей, поля реанализа. Действующие оперативные океанографические системы.

### 4.2.2 Гидрометеорологические данные

Обзор существующих гидрологических данных доступных в режиме близком к реаль-

ному времени. Данные контактных измерений. Наблюдения с сети гидрометеорологических прибрежных станций и постов, рейдовых станций, на стандартных разрезах. Гидрологическая съемка с научно-исследовательских судов, данные специализированных океанологических экспериментов. Дрифтеры (Argo, SVP). Данные попутных судовых наблюдений, включая данные автоматизированных систем измерений, устанавливаемых на регулярно курсирующих паромах (FerryBoxes). Данные спутникового зондирования: видимый, ИК, радиолокационный диапазоны, альтиметрия. Базы данных контактных и неконтактных измерений, степень обработки, доступ.

#### 4.2.3 Ассимиляция гидрометеорологических данных в океанологии

Концепция проблемы ассимиляции (усвоения) данных наблюдений. Основные понятия и определения. Релаксационные схемы усвоения данных (nudging) и их недостатки. Необходимость вероятностного подхода к проблеме ассимиляции. Статистические и вариационные методы. Основные уравнения. Современные методы ассимиляции данных. Оптимальная интерполяция. Расширенный фильтр Калмана. Трехмерное и четырех мерное вариационное усвоение данных (3DVAR, 4DVAR). Особенности, возникающие при ассимиляции различных типов данных наблюдений. Усвоение спутниковой информации. Примеры ассимиляции гидрометеорологических данных в существующих оперативных системах.

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

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тематика практических и лабораторных занятий	Форма проведения	Формируемые компетенции
1	1	Действующие оперативные океанографические системы	Семинар (выступления с докладами и их обсуждения)	ПК-3, ППК-1
2	2	Гидрологические данные доступные в режиме близком к реальному времени.	Семинар (выступления с докладами и их обсуждения)	ОПК-3, ППК-1
3	2-3	Ассимиляция данных контактного зондирования (профилей температуры и солености морской воды).	Лабораторная работа (Расчетно-графическая работа)	ОПК-3 ОПК-5, ПК-3, ППК-1
4	2-3	Ассимиляция спутниковой температуры поверхности моря.	Лабораторная работа (Расчетно-графическая работа)	ОПК-3 ОПК-5, ПК-3, ППК-1

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

##### 5.1. Текущий контроль

В качестве текущего контроля используются результаты расчетно-графических работ (лабораторных), защищаемых на занятиях, выступления с докладом и его обсуждение на семинарских занятиях.

##### Примерная тематика докладов

## Раздел 1

### Семинар 1: Действующие оперативные океанографические системы Балтийского моря

- Оперативная океанографическая система Балтийского моря BOOS;
- Оперативная океанографическая система Датского метеорологического института на основе гидродинамической модели BSHcmод (DMI);
- Оперативная океанографическая система Финского залива GULFOOS

## Раздел 2

### Семинар 2: Гидрологические данные доступные в режиме близком к реальному времени

- Автономные буйковые станции;
- Флот Argo;
- Дрифтеры;
- Спутниковая поверхностная температура моря (SST);
- Спутниковая альтиметрия.

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

В рамках самостоятельной работы студенты осуществляют подготовку к семинарским занятиям (в соответствии с темами докладов), а также выполняют расчетно-графические работы.

#### 5.3. Промежуточная аттестация: зачет

##### Перечень вопросов к зачету

1. Понятие оперативной океанографической системы, ее основные компоненты.
2. Общая структура оперативной океанографической системы, прогностический цикл.
3. Гидродинамический модуль, как основа оперативной океанографической системы.
4. Начальные и граничные условия гидродинамической модели, поля реанализа.
5. Региональные оперативные океанографические системы.
6. Данные контактных измерений доступных в режиме близком к реальному времени.
7. Данные спутникового зондирования.
8. Базы океанографических данных.
9. Понятие об ассимиляции (усвоения) данных гидрометеорологических наблюдений.
10. Релаксационные схемы усвоения данных и их недостатки.
11. Необходимость вероятностного подхода к проблеме ассимиляции. Основные понятия и термины (вектор состояния, фоновое состояние, анализ, оператор наблюдений, ковариационные матрицы ошибок).
12. Статистические и вариационные методы ассимиляции. Доказательство эквивалентности двух подходов.
13. Ковариационная матрица ошибок модельного расчета и данных наблюдений.
14. Эмпирические ортогональные функции.
15. Оптимальная интерполяция.
16. Расширенный фильтр Калмана.
17. Трехмерное вариационное усвоение данных (3DVAR).
18. Четырехмерное вариационное усвоение данных (4DVAR).
19. Особенности усвоения различных типов данных наблюдений.
20. Ассимиляция гидрометеорологических данных в существующих оперативных системах.

#### 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины



**а) основная литература:**

1. Т. Р. Ерёмкина, Е. В. Софьина, И. Дайлидиене Оперативная океанография. - СПб.: изд.РГГМУ, 2014.-99 с. (библ. РГГМУ: 15 экз.)
2. Operational Oceanography in the 21st Century/ Schiller, Andreas; Brassington, Gary B. (Eds.), 2011. 450 p.
3. Introduction to Ocean Data Assimilation. Edward D. Zaron1. Department of Civil and Environmental Engineering. Portland State University, Portland, OR, USA, 2009. 27pp.
4. Bouttier F., Courtier P. Data assimilation concepts and methods // In: Meteorological Training Course Lecture Series ECMWF, 2002. 59 pp.

**б) дополнительная литература:**

1. Марчук Г.И. Сопряженные уравнения и анализ сложных систем.- М.: Наука, 1992. 335 с.
2. Dobricic S, Pinardi N. An oceanographic three-dimensional variational data assimilation scheme // Ocean Modelling 2008, v. 22 p. 89–105.

**в) программное обеспечение**

1. Операционная система Windows 7
2. Пакет прикладных программ Microsoft Office
3. Интерактивная среда FERRET для обработки и визуализации натуральных данных и модельных результатов;
4. Программное обеспечение для выполнения ассимиляционной процедуры на языке Fortran;

**г) Интернет-ресурсы:**

1. Реанализ гидрофизических полей Финского залива GULFOOS;
2. Сервисы спутниковых данных веб-сайт SATIN (<http://satin.rshu.ru/>) и OceanColor (<http://oceancolor.gsfc.nasa.gov>);
3. Архив данных вертикальных профилей температуры и солёности морской воды для восточной части Финского залива (
4. <http://rshu.ru/>)

**7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

<b>Вид учебных занятий</b>	<b>Организация деятельности студента</b>
<b>Лекции (разделы №1-3)</b>	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометить важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. 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 (семинарском) занятии. Дискуссия.
<b>Лабораторные и практические занятия (разделы №1-3)</b>	Выполнение практических расчетных заданий. Освоение предлагаемого программного обеспечения, следуя инструкциям, для выполнения расчетно-графических работ. Защита результатов расчетных графических работ. Дополнитель-

	<p>ные вопросы. Дискуссия.</p> <p>Выступление с докладом. Подготовка презентации в виде 10-15 слайдов на 15 минут.</p> <p>Обсуждения докладов. Вопросы у докладчику. Дискуссия.</p>
<b>Самостоятельная работа</b>	<p>Знакомство с основной и дополнительной литературой. Изложение основных аспектов проблемы, анализ и формирование собственного суждения по исследуемой теме.</p> <p>Подготовка презентаций на семинарское занятие. Поиск литературы и составление библиографии по теме, использование не менее 5 научных работ.</p> <p>Выполнение расчетно-графических работ. Проведение расчетов. Построение графиков. Анализ полученных результатов.</p>
<b>Подготовка к зачету</b>	<p>При подготовке к зачету необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу, вопросы для подготовки к зачету.</p>

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

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине используются:

- лекции-визуализации (по отдельным темам разделов №1-3 чтение лекций проводится с использованием слайд-презентаций);
- на семинарских занятиях выступления студентов с докладами сопровождаются соответствующими слайд-презентациями;
- для размещения учебных и методических материалов по дисциплине по каждой теме используется виртуальная образовательная среда РГГМУ Sakai(<http://sakai.rshu.ru/>);
- для доступа к данным дистанционного зондирования, используются сервисы спутниковых данных: веб-сайт SATIN (<http://satin.rshu.ru/>) и OceanColor (<http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/>);
- организация взаимодействия преподавателя со студентами для осуществления консультационной работы по выполнению практических работ и подбору необходимой литературы, помимо аудиторных занятий, осуществляется посредством виртуальной образовательной среда РГГМУ Sakai(<http://sakai.rshu.ru/>).

## **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 "Ин-

тернет" 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.