

**Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова  
Географический факультет**

«Утверждено»  
Декан географического факультета,  
член-корр. РАН С.А. Добролюбов



« 07 » 11 2019 г.  
протокол № 13

**ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Океанология»**

по направлению подготовки 05.03.04 «Гидрометеорология»  
уровня высшего образования бакалавриат  
с присвоением квалификации «бакалавр»

**Направленность (профиль):**  
Океанология

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки «Гидрометеорология» (*программы бакалавриата, магистратуры, реализуемых последовательно по схеме интегрированной подготовки*).

© Географический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова

*Программа не может быть использована другими подразделениями университета и другими вузами без разрешения факультета*

## 1. Цели и задачи освоения дисциплины

### Цель курса:

- формирование фундаментальных знаний о Мировом океане, его эволюции и протекающих в нём физических процессах, морях и основных водных массах;
- приобретение навыков использования полученных теоретических знаний для исследования конкретных акваторий.

### Задачи курса:

- изучение Мирового океана, его морей и основных водных масс;
- изучение основных закономерностей явлений и процессов, протекающих в океанах и морях, особенностей физических характеристик морских вод;
- изучение протекающих в океане физических процессов: перемешивания, турбулентности, волн, приливов, течений, льдообразования;
- освоение методов исследования и анализа данных об океане, их интерпретации и использования в океанологических исследованиях.

## 2. Место дисциплины в структуре ООП

### А. Информация об образовательном стандарте и учебном плане:

- дисциплина включена в образовательный стандарт МГУ (интегрированный бакалавр МГУ), направление подготовки 05.03.04 «Гидрометеорология», учебный план ИБ\_Гидрометеорология, квалификация бакалавр, профиль подготовки «Океанология»

### Б. Информация о месте дисциплины в образовательном стандарте и учебном плане:

- вариативная часть профессионального цикла ООП;
- блок «Профессиональный»;
- модуль «Физическая океанология»;
- тип - обязательный курс;
- 2, 3, 4 курсы;
- 3, 4, 5, 6, 7, 8 семестры

### В. Перечень дисциплин, которые должны быть освоены для начала данной дисциплины

- дисциплины блока «Математический и естественнонаучный» и модуля «Землеведение», отдельные дисциплины модуля «Высшая математика», отдельные разделы дисциплины «Теоретическая механика и гидромеханика», «Технические средства и методы наблюдений в океанологии».

Изучение данной дисциплины необходимо для освоения последующих дисциплин: «Химия океана», «Морская экология», «Взаимодействие океана и атмосферы», «Региональная океанография», курсов по выбору, для прохождения практик, для подготовки курсовой и выпускной работ.

## 3. Требования к результатам освоения дисциплины

В соответствии с ОС МГУ и «Оценочными и методическими материалами формирования компетенций, оценивания уровня знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности у обучающихся и выпускников» освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций и получение следующих результатов обучения:

Компетенции выпускников образовательной программы	Планируемые результаты обучения по дисциплине
---	---

<p>Владение теоретическими основами океанологии, знание физических, химических и биологических процессов, закономерностей круговорота веществ и энергии в морях и океанах (СПК-1.Б полностью).</p>	<p>- <b>знать:</b> основные теоретические вопросы физики и динамики океана, естественные физические характеристики морской среды, причины их изменений, основные закономерности физических процессов;          – <b>уметь:</b> давать оценку отдельным физическим процессам, происходящим в океане;          – <b>владеть:</b> методами исследования физических процессов и круговорота веществ и энергии в морях и океанах</p>
<p>Способность использовать контактные и дистанционные методы получения и обработки океанографических данных, критически анализировать и интерпретировать океанологическую информацию, профессионально оформлять и представлять результаты океанографических исследований (СПК- 2.Б формируется частично).</p>	<p>– <b>знать:</b> основные контактные и дистанционные методы получения и обработки океанографических данных;          – <b>уметь:</b> интерпретировать натурные данные и результаты математического моделирования и использовать их для оценки отдельных физических процессов;          – <b>владеть:</b> методами современными океанологических исследований и анализа физических явлений и процессов различного пространственно-временного масштаба с использованием современной аппаратуры, сетевых ресурсов и математического моделирования</p>
<p>Способность оценивать возможные изменения океанологических параметров, вызванных естественными и антропогенными причинами (СПК- 4.Б формируется частично)</p>	<p>- <b>знать</b> основные естественные и антропогенные причины изменения океанологических параметров;          - <b>уметь</b> использовать критерии и методы оценки воздействия естественных и антропогенных факторов на параметры морской среды;          - <b>владеть</b> методами прогноза количественных и качественных изменений параметров морей и океанов</p>

#### 4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 23 зачетные единицы.

Общая аудиторная нагрузка – 553 часа, в т.ч. лекций – 317 часов и семинаров – 236 часов.

Объем самостоятельной работы студентов – 275 академических часа.

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая СРС и трудоемкость (в часах)			Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Контактная работа		СРС	
				Лекции	Семинары		
1	<b>Введение в специальность</b> Тема 1. История океанографии	3	1-3	3	6	1	устный опрос

	Тема 2. Мировой океан на планете Земля		4-6	3	6	1	устный опрос
	Тема 3. Основные физико-химические свойства морской воды		7-12	6	12	1	контрольная работа по теме 3
	Тема 4. Динамика океана		13-18	6	12	1	устный опрос
	Промежуточная аттестация					14	<b>экзамен</b>
	<b>Итого</b>			<b>18</b>	<b>36</b>	<b>18</b>	
2	<b>Физические свойства морской воды</b>	4					
	Тема 1. Структура чистой воды и ее свойства		1	2	1	-	устный опрос
	Тема 2. Исследование физических свойств термодинамических систем методом потенциалов		2-3	4	2	1	устный опрос
	Тема 3. Морская вода как двухкомпонентная термодинамическая система		4-5	4	2	1	устный опрос
	Тема 4. Уравнения состояния морской воды и ее термодинамические свойства		6-8	6	3	1	контрольная работа по теме 4
	Тема 5. Морская вода как упругая среда		9	2	1	1	устный опрос
	Тема 6. Условия равновесия морской воды		10-11	4	2	1	устный опрос
	Тема 7. Коллигативные свойства морской воды		12	2	1	-	реферат по теме 7
	Тема 8. Электромагнитные свойства морской воды		13	2	1	-	устный опрос
	Промежуточная аттестация					28	<b>экзамен</b>
	<b>Итого</b>			<b>26</b>	<b>13</b>	<b>33</b>	
3	<b>Перемешивание и турбулентность</b>	5					
	Тема 1. Основы теории турбулентности		1-9	18	9	1	контрольная работа по теме 1
	Тема 2. Турбулентность и перемешивание в стратифицированном океане		10-18	18	9	1	контрольная работа по теме 2
	Промежуточная аттестация					16	<b>экзамен</b>
	<b>Итого</b>			<b>36</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	
4	<b>Оптика и акустика океана</b>	5					
	Тема 1. Распространение света в воде		1-3	2	4	4	устный опрос
	Тема 2. Оптические свойства морской воды		4-6	4	2	7	контрольная работа по теме 2
	Тема 3. Оптические измерения в море		7-9	2	4	4	устный опрос
	Тема 4. Физические основы распространения звука		10-12	4	2	7	устный опрос
	Тема 5. Скорость распространения звука в море		13-15	4	2	7	контрольная работа по теме 5
	Тема 6. Поле скорости звука		16-18	2	4	4	устный опрос
	Промежуточная аттестация					3	<b>зачет</b>
	<b>Итого</b>			<b>18</b>	<b>18</b>	<b>36</b>	
5	<b>Волны и приливы</b>	6					
	Тема 1. Морские волны:		1	2	2	1	Устный опрос

	классификация, основные понятия, элементы волн Тема 2. Линейная теория гравитационных волн на поверхности моря Тема 3. Нелинейные эффекты Тема 4. Ветровые волны		2-4 5 6-13	6 2 29	6 2 3	1 1 1	Устный опрос  Устный опрос Контрольная работа по теме 4
	Промежуточная аттестация					16	<b>экзамен</b>
	<b>Итого</b>			<b>39</b>	<b>13</b>	<b>20</b>	
	Тема 5. Приливы  Тема 6. Длинные гравитационные волны Тема 7. Волны Россби планетарные и топографические. Тема 8. Внутренние волны	7	1-11 12-14 15,16 17,18	35 9 5 5	20 6 5 5	7 4 2 2	Контрольная работа по теме 5 Устный опрос  Устный опрос Устный опрос
	Промежуточная аттестация					3	<b>зачет</b>
	<b>Итого</b>			<b>54</b>	<b>36</b>	<b>18</b>	
6	<b>Морские течения и циркуляция вод</b> Тема 1. Основные физические законы, используемые в океанологии, и классификация сил в океане Тема 2. Уравнения движения в океанологии Тема 3. Классификация течений Тема 4. Течения без учета трения Тема 5. Течения с учетом трения Тема 6. Завихренность в океане Тема 7. Западная интенсификация течений Тема 8. Система течений Мирового океана	7	1-2 3-5 6 7-8 9-11 12-13 14-15 16-18	6 8 2 6 10 6 6 10	2 4 2 2 2 2 2 2	1 1 1 1 1 1 1 1	-  Контрольная работа по теме 2 - Устный опрос Устный опрос Устный опрос Устный опрос Устный опрос
	Промежуточная аттестация					28	<b>экзамен</b>
	<b>Итого</b>			<b>54</b>	<b>18</b>	<b>36</b>	
7	<b>Структура вод и водные массы</b> Тема 1. Тепловой, водный и солевой балансы Мирового океана Тема 2. Гидрологическая структура Мирового океана и закономерности ее формирования Тема 3. Географическое понятие о водной массе	7	1-5 6-11 12-18	10 12 14	10 12 14	10 12 11	Устный опрос  Контрольная работа по теме 2  Устный опрос
	Промежуточная аттестация					3	<b>зачет</b>
	<b>Итого</b>			<b>36</b>	<b>36</b>	<b>36</b>	
	Тема 4. Термохалинный анализ водных масс Тема 5. Формирование глубинных и придонных вод Тема 6. Водные массы и структура вод в морях и океанах	8	1-4 5-8 9-12	4 4 4	4 4 4	1 1 1	Устный опрос  Контрольная работа по теме 5 Устный опрос
	Промежуточная аттестация					9	<b>экзамен</b>
	<b>Итого</b>			<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	

8	<b>Морской лед</b>	8					
	Тема 1. Физические свойства морского льда		1-3	3	3	2	Устный опрос
	Тема 2. Ледообразование в море		4-7	4	4	3	Устный опрос
	Тема 3. Динамика морского льда		8-10	3	3	2	Устный опрос
	Тема 4. Льды в Мировом океане		11-12	2	2	2	Устный опрос
	Промежуточная аттестация				3	<b>зачет</b>	
	<b>Итого</b>		<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>		
9	<b>Прикладная океанология</b>	8					
	Тема 1. Морское природопользование		1-4	4	8	12	Устный опрос
	Тема 2. Инженерные изыскания в морском строительстве		5-10	6	12	13	Устный опрос
	Тема 3. Экологическое сопровождение морепользования		11-12	2	4	8	Устный опрос
			Промежуточная аттестация				3
	<b>Итого</b>		<b>12</b>	<b>24</b>	<b>36</b>		
	<b>Всего</b>		<b>317</b>	<b>236</b>	<b>275</b>		

## 5. Содержание дисциплины

### Раздел 1. Введение в специальность

#### Тема 1. История океанографии

Океанология – океанография. Страницы истории науки о море. Плавание корвета «Челленджер». Известные зарубежные ученые – основоположники океанографии. Океанография в России. Океанология в СССР: научно-исследовательские учреждения, научные суда, ученые-океанологи. Кафедра океанологии МГУ.

#### План проведения семинаров:

Подготовить доклады про известных ученых-океанологов

#### Тема 2. Мировой океан на планете Земля

Составные части. Океаны, моря, заливы, проливы. Классификация морей. Морфометрические характеристики океанов. Рельеф дна. Батиграфическая кривая. Основные элементы морфологии океанического дна. Современные взгляды на происхождение и эволюцию океанических впадин. Особенности земной коры под океанами. Происхождение и формирование солевого состава морской воды. Возраст океанических котловин. Основные положения концепции тектоники плит.

#### План проведения семинаров:

Назвать основные положения концепции тектоники плит. Построить батиграфические кривые океанов. Охарактеризовать переходную зону между материковыми и океаническими структурами.

#### Тема 3. Основные физико-химические свойства морской воды

Аномальные свойства воды как химического вещества. Солевой состав морской воды. Соотношение главных ионов. Закон постоянства солевого состава. Соленость и электропроводность. Определение, единицы и способы измерения. Хлорность, хлорный коэффициент. Средняя соленость и пределы изменчивости. Процессы, изменяющие соленость морской воды. Воды соленые и солоноватые. Температура. Определение, единицы и способы измерения. Пределы изменчивости. Устройство и принцип работы глубоководного термометра. Современные датчики температуры. Понятие о температуре замерзания. Температура наибольшей плотности. Потенциальная температура. Теплоемкость и теплопроводность. Плотность. Удельный объем. Единицы измерения. Аномалия плотности.

Зависимость плотности от температуры и солености. Гидростатическое давление и сжимаемость. Уравнение состояния морской воды.

Физика акустических колебаний в океане. Акустический спектр. Океан как слоисто-неоднородная среда. Закон преломления Снеллиуса. Положительная и отрицательная рефракция звуковых лучей. Подводный звуковой канал. Дальнее распространение звука. Скорость распространения звука в морской воде. Затухание акустической энергии. Проникновение света в океан. Оптические характеристики среды. Отражение и преломление световых лучей в воде. Альbedo океана. Поглощение световой энергии в морской воде. Свет и жизнь в океане. Прозрачность и цвет морской воды. Фотические зоны в океане.

Морские льды. Географические условия образования и существования морских льдов. Образование льда из морской воды. Эвтектика. Солевые ячейки. Физико-химические свойства морского льда. Ледовая терминология. Начальные формы льда. Формирование ледяного покрова. Дрейфующий и припайный лед. Предельная толщина ледяного покрова и возраст льдов. Ледовитость полярных морей.

#### *План проведения семинаров:*

Рассказать о способах измерения температуры в океане. Показать принцип устройства глубоководного опрокидывающегося термометра. Объяснить принцип работы современных датчиков температуры воды. В чем их преимущества по сравнению с ртутными термометрами.

Объясните, что такое упругость, как она связана с распространением звука. Способы возбуждения акустических колебаний в морской воде. Отражение, преломление и рефракция звуковых лучей. Основной закон рефракции. Подводный звуковой канал и сверхдальнее распространение звука. Скорость распространения звука в морской воде, диапазон изменчивости, способы расчета. Покажите, как глубоко проникает свет в глубину океана. Световые лучи какой части спектра проникают в воду наиболее глубоко. Цвет моря. Относительная прозрачность и цвет морской воды. Поясните разницу между отраженным от поверхности воды потоком света и альbedo океана.

Объясните какие свойства жидкой воды и как изменяются в процессе ее кристаллизации. Как отличаются плотности воды и льда. Изложите особенности кристаллической структуры льда. Почему температура замерзания в морской воде ниже, чем в пресной. Закон Рауля. Солевые ячейки. Какова соленость морского льда и как ее можно измерить. Теплоемкость морской воды и льда. Эффективная теплоемкость

#### *Тема 4. Динамика океана*

Уровенная поверхность Мирового океана. Параметры земного референц-эллипсоида. Причины и масштабы изменения уровня океана. Способы измерения уровня. Принципы спутниковой альтиметрии. Динамическая топография.

Гравитационная причина возникновения приливов. Особенности приливной терминологии. Приливы суточные, полусуточные и смешанные. Приливообразующие силы. Особенности вращения системы Земля–Луна. Понятие о статической теории приливов. Неравенства приливов. Понятие о динамической теории приливов. Географические особенности приливов. Гармонический анализ приливных колебаний уровня.

Волны упругие, капиллярные, гравитационные, планетарные. Элементы волны. Волны короткие и длинные. Условия возникновения, развития и трансформации ветрового волнения и зыби. Представление о трохоиальной теории волн. Свойства трохойды. Деформация волн при выходе на прибрежную отмель. Рефракция волн. Отражение, прибой, бурн, взброс. Сейшевые волны. Цунами. Внутренние волны. Режим волнения в океанах и морях, размеры ветровых волн.

Течения и циркуляция вод Мирового океана. Силы, вызывающие течения в океанах и морях. Классификация морских течений. Ветровые течения. Градиентные течения. Взаимное приспособление полей давления, масс и скоростей в течениях. Главные динамические



поверхности в океане. Геоострофическое приспособление. Основные положения теории дрейфовых течений. Представление о верхнем деятельном слое океана. Динамический метод расчета морских течений. Основные течения и общая циркуляция вод Мирового океана.

Происхождение и сглаживание неоднородностей физико-химических характеристик в океане. Вертикальная стратификация океанических вод. Устойчивость. Уплотнение при смешении. Перемешивание молекулярное и турбулентное. Конвекция термическая, соленостная и термохалинная.

Понятие о водных массах в океане. T,S-кривая. Представление о T,S-анализе водных масс. Гидрологические условия и процессы, способствующие формированию и трансформации водных масс. Основные поверхностные, промежуточные, глубинные и придонные водные массы океанов.

Океан-атмосфера, как природная система Земли. Теплообмен на поверхности раздела океана и атмосферы. Радиация прямая, рассеянная, суммарная. Альbedo водной поверхности. Радиационный баланс. Приходные и расходные статьи теплового баланса. Уравнение теплового баланса. Баланс пресной воды в океане: осадки, пресный (речной) сток, испарение, поступление талых вод. Водообмен между океанами как регулятор баланса влаги, тепла и солей.

#### *План проведения семинаров*

Дать определение уровневой поверхности. Назвать причины изменения уровня океана. Дать определение динамической топографии, как велики динамические перекосы уровня.

Объяснить значение терминов «полная вода», «малая вода», «величина прилива». Рассчитать почему приливообразующая сила Луны больше солнечной и насколько.

Перечислить типы волн по характеру вынуждающих сил. Назвать три принципиальных отличия волн цунами от поверхностных волн других типов. Перечислить основные особенности трансформации ветровых волн на прибрежных участках.

Объясните взаимодействие сил в дрейфовом экмановском течении. Рассказать в чем заключается смысл динамического метода расчета морских течений. Перечислить какие особенности циркуляции вод в океанах вам известны.

Объясните смысл понятия "вертикальная устойчивость". Перечислите какие варианты плотностной стратификации можно наблюдать в океане. Почему возникает уплотнение при смешении. Дайте определение конвекции. Какие типы конвективного перемешивания вам известны.

Дайте определение водной массы. Какие воды принято относить к тропосферным, промежуточным, глубинным и придонным. Что такое T,S-анализ водных масс. Что характеризует T,S-кривая. Почему водные массы не перемешиваются до однородного состояния. Какими гидрологическими структурами водные массы разделяются между собой

Объясните в чем заключается разница при нагревании океана и атмосферы солнечной радиацией. Поясните разницу между явным и скрытым теплом в системе взаимодействия океана и атмосферы. Назовите примеры воздействия атмосферы на океан и океана на атмосферу. Назовите толщину слоя воды, ежегодно испаряющегося с поверхности Мирового океана. Какова интенсивность обмена солей в океанах (Какое время требуется для полного обновления солевого состава). Чем лимитируется растворимость газов в морской воде. В каком океане наблюдается самый большой положительный пресноводный баланс

## **Раздел 2. Физические свойства морской воды**

### *Тема 1. Структура чистой воды и ее свойства*

Строение молекулы воды. Структура воды: наблюдения и модели. Аномальные физические свойства воды. Свойства тяжелой воды. Фракционирование изотопов.

#### *План проведения семинаров:*

Сделать обзор существующих моделей строения воды. Привести их сравнение. На основе выбранных моделей объяснить некоторые аномальные свойства воды

*Тема 2. Исследование физических свойств термодинамических систем методом потенциалов*

Определение термодинамических систем. Краткие сведения об исходных положениях и началах термодинамики. Метод термодинамических потенциалов. Внутренняя энергия. Энергия Гельмгольца (свободная энергия). Потенциал Гиббса. Энтальпия. Основные соотношения термодинамики для многокомпонентной системы. Химический потенциал. Парциальные величины.

*План проведения семинаров:*

Дать определение термодинамических систем в зависимости от условий обмена энергией и веществом с окружающей средой и их внутренней структуры. Перечислить основные внешние и внутренние параметры системы.

*Тема 3. Морская вода как двухкомпонентная термодинамическая система*

Образование водной массы Мирового океана. История формирования солевого состава вод Мирового океана. Особенности современного солевого состава морских вод. Основные термодинамические соотношения для морской воды. Параметры состояния. Температура. Давление. Изотропность гидростатического давления. Изобарические поверхности. Соленость. Шкалы солености. Плотность и удельный объем. Поле силы тяжести. Геопотенциал и динамическая глубина (высота).

*План проведения семинаров:*

Показать на основе каких принципов морскую воду можно представить как двухкомпонентную систему: растворитель – вода, растворенное вещество – морская соль. Вывести основное уравнение термодинамики для морской воды.

*Тема 4. Уравнения состояния морской воды и ее термодинамические свойства*

Уравнения состояния: Кнудсена-Экмана, УС-80, TEOS-2010. Термодинамическая T,S-диаграмма. T,S-кривая. Термическое расширение и соленостное сжатие. Изопикническая производная. Стерические колебания уровня моря. Температура наибольшей плотности. Критическая точка. Пресные, солоноватые и морские типы вод. Теплоемкость морской воды. Теплоемкости при постоянном давлении и постоянном объеме, их соотношения. Значение аномальной теплоемкости воды: смягчение крайних температур воздуха, влияние на общую циркуляцию гидросферы и атмосферы и пр. Энтропия, энтальпия, химический потенциал. Теплота смешения и уплотнение при смешении.

*План проведения семинаров:*

1. Перечислить основные эмпирические уравнения состояния морской воды, которые использовались и используются в океанологии. Дать их сравнение.

2. Написать программу расчета плотности морской воды по одному из современных уравнений состояния. По результатам расчетов по этой программе построить в среде Surfer изопикническую T,S-диаграмму. На основе ее попытаться определить некоторые свойства уравнения состояния. Построить T,S-кривую.

*Тема 5. Морская вода как упругая среда*

Объемный модуль упругости. Сжимаемость морской воды. Барическая и адиабатическая сжимаемости. Адиабатический градиент температуры. Потенциальная температура. Скорость распространения звука.

*План проведения семинаров:*

Найти закономерности изменения параметров состояния морской воды (удельный объем, энтропия, внутренняя энергия и др.) при ее сжатии.

### *Тема 6. Условия равновесия морской воды*

Условия равновесия термодинамических систем. Фазовые равновесия и фазовые переходы. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Вертикальная устойчивость. Частота Вайселя-Брента. Нейтральные поверхности в океане. Поверхностное натяжение. Роль поверхностного натяжения в биологических и физических явлениях.

#### *План проведения семинаров:*

Алгоритм расчета вертикальной устойчивости морских вод и ее составляющих.

### *Тема 7. Коллигативные свойства морской воды*

Осмотическое давление и его значение в океане. Скрытая теплота испарения. Давление насыщенного пара. Повышение температуры кипения. Значение высоких величин теплоты плавления и испарения для климатических условий на Земном шаре. Понижение температуры замерзания морской воды. Вязкость. Диффузия.

#### *План проведения семинаров:*

Показать важную роль осмотического давления для морских организмов.

### *Тема 8. Электромагнитные свойства морской воды*

Главное магнитное поле Земли. Магнитные вариации. Теллурические поля. Естественные токи. Электропроводимость морской воды и факторы, ее определяющие. Использование свойства электропроводимости морской воды в океанологии – измерения солёности, скорости течения и т.д. Диэлектрическая проницаемость. Магнитная проницаемость.

#### *План проведения семинаров:*

Исследование способности морской воды проводить электрический ток во внешнем электрическом поле. Сравнение с другими веществами.

## **Раздел 3. Перемешивание и турбулентность**

### *Тема 1. Основы теории турбулентности*

Понятие о перемешивании. Молекулярный и турбулентный обмен. Их роль в перемешивании вод моря. Молекулярная вязкость. Возникновение турбулентности. Закон подобия и критерий Рейнольдса. Основы теории гидродинамической устойчивости.

Определение турбулентности. Перенос количества движения в турбулентном потоке (теорема об импульсах). Турбулентные напряжения.

Полуэмпирические теории турбулентности. Путь смешения. Турбулентные пограничные слои. Универсальный закон распределения скоростей.

Турбулентный обмен в океане. Коэффициент обмена. Теплопроводность и диффузия. Выравнивание температуры по вертикали.

#### *План проведения семинаров:*

1. Возникновение турбулентности и критерий Рейнольдса
2. Тепловые волны в океане. Метод Фурье.

### *Тема 2. Турбулентность и перемешивание в стратифицированном океане*

Вертикальная устойчивость вод океана. Термохалинная устойчивость. Устойчивость и скорость звука. Колебания, вызванные устойчивостью. Понятие о микроструктуре океана.

Баланс турбулентной энергии в океане. Критерий Ричардсона. Динамическое число Ричардсона.

Вертикальное и горизонтальное перемешивание в океане. Влияние стратификации. Непрерывная горизонтальная диффузия. Коэффициенты обмена. Уплотнение при смешивании.

Понятие о статистическом описании турбулентных движений в океане.

Плотностное перемешивание, вызываемое изменением температуры и солёности вод. Влияние льдообразования и испарения. Зимняя вертикальная циркуляция (конвекция) и ее значение для океана. Холодный промежуточный слой.

*План проведения семинаров:*

1. Методы расчета вертикальной устойчивости вод океана
2. Расчет параметров зимней вертикальной циркуляции по Зубову Н.Н.

#### **Раздел 4. Оптика и акустика океана**

*Тема 1. Распространение света в воде*

Источники света в море. Суммарная радиация, падающая на поверхность моря. Спектральное распределение. Прохождение света через поверхность раздела вода–воздух. Отражение света, понятие альбедо. Преломление света, коэффициент преломления. Влияние волн на отражение и преломление света. Распространение света в воде. Поглощение света: закон поглощения, зависимость от длины волны, "окно прозрачности". Рассеяние света в воде: молекулярное рассеяние, рассеяние частицами. Ослабление света в воде.

*Тема 2. Оптические свойства морской воды*

Оптические свойства морской воды. Влияние вещественного состава морской воды на ослабление света и его спектральный состав. Цвет моря. Характеристика светового поля в море: яркость, облученность, поляризация. Оптическая классификация и районирование вод океана.

*Тема 3. Оптические измерения в море*

Оптические измерения в море. Принципы определения основных оптических величин: облученности, яркости, ослабления, рассеяния. Применение оптических методов в океанологии. Дистанционное гидрооптическое зондирование. Приложения гидрооптических методов в морской биологии. Перспективы развития оптики моря.

*Тема 4. Физические основы распространения звука*

Физические основы распространения звука. Упругость. Возбуждение акустической волны. Единицы измерения и терминология. Распространение звука в слоисто-неоднородной среде. Рефракция. Основной закон рефракции. Лучевая теория распространения звука. Условия отрицательной рефракции.

*Тема 5. Скорость распространения звука в море*

Скорость распространения звука в море. Принципы измерения скорости звука. Теоретическая формула Ньютона – Лапласа. Эмпирические формулы для расчета скорости звука. Приповерхностный звуковой канал. Подводный звуковой канал. Дальнее распространение звука.

*Тема 6. Поле скорости звука*

Поле скорости звука. Акустическая структура, как функция гидрологической структуры вод. Затухание акустической энергии. Расширение фронта акустической волны. Поглощение звука. Рассеяние на неоднородностях среды. Звукорассеивающие слои.

*План проведения семинаров*

Семинары проводятся в соответствии с темой раздела. В рамках семинаров даются индивидуальные задания для аттестации по каждой теме.

#### **Раздел 5. Волны и приливы**

*Тема 1. Волновые движения в океане.* Основные понятия. Характеристики волн. Классификация волновых движений в океане.

*План проведения семинаров:*

1. Показать по каким признакам проводится классификация волновых движений в океане

*Тема 2. Линейная теория потенциальных гравитационных волн на поверхности моря.*  
Постановка задачи. Свободные волны малой амплитуды. Короткие и длинные волны. Энергия волн и ее поток. Трохоидальная теория волн по Н.Н.Зубову.

*План проведения семинаров:*

1. Параметры поверхностных волн

*Тема 3. Нелинейные эффекты.*

Волны Стокса, кноидальные волны.

*План проведения семинаров:*

1. Показать, на какие параметры волн влияют нелинейные эффекты

*Тема 4. Ветровые волны.* Ветровые волны в глубоком море. Возникновение и развитие ветровых волн. Капиллярные волны. Статистические характеристики ветрового волнения. Энергетический спектр волнения. Волнообразующие факторы и методы расчета элементов ветровых волн. Период повторяемости. Характеристики ветровых волн в океане и их связь с синоптическими условиями. Аномальные волны (волны-убийцы).

Ветровые волны в мелком море и в прибрежной зоне. Трансформация волн при подходе к берегу. Рефракция и дифракция волн.

*План проведения семинаров:*

1. Описать изменение параметров поверхностных волн при выходе их на мелководье

*Тема 5. Приливы.* Понятие о приливах и их элементы. Классификация приливов. Характеристика приливов у берегов океана. Колебания уровня и приливные течения.

Основы теории приливов. Приливообразующая сила и ее потенциал. Составляющие приливообразующих сил. Статическая теория приливов. Понятие о динамической теории приливов. Неравенства приливов: суточное, полумесячное, месячное и многолетнее. Предвычисление и гармонический анализ приливов. Понятие о методах Дарвина, Дудсона. Упрощенный метод предвычисления приливов. Метод наименьших квадратов гармонического анализа приливов. Практические пособия по приливам, таблицы и атласы приливов и приливных течений. Таблицы приливов и приливных течений постоянного действия.

Приливы в реках и эстуариях. Явления приливного бора. Сочетание приливов и сгонно-нагонных колебаний уровня.

*План проведения семинаров:*

1. Сравнить различные методы предвычисления приливов
2. Описать неравенства приливов

*Тема 6. Длинные гравитационные волны.* Волны Кельвина. Влияние вращения Земли на приливы. Амфидромии и котидальные карты. Волны Пуанкаре и Свердрупа.

Сейши, причины их возникновения. Тягун на акватории портов. Сгонно-нагонные колебания уровня моря, штормовые нагоны.

Волны цунами, их происхождение и закономерности распространения. Цунами опасные районы, службы предупреждения цунами.

*План проведения семинаров:*

1. Показать различия в формировании сейш в замкнутых и полужамкнутых водоемах
2. Показать, где чаще всего в Мировом океане возникают штормовые нагоны

*Тема 7. Волны Россби – планетарные и топографические.* Шельфовые волны и их роль в динамике прибрежной зоны морей и океанов. Наблюдения планетарных и шельфовых волн в морях и океанах.

*План проведения семинаров:*

1. Показать различия планетарных и шельфовых волн в морях и океанах

*Тема 8. Внутренние волны.* Основные представления и дисперсионные соотношения. Методы анализа и наблюдений внутренних волн. Частота плавучести. Инерционная частота, инерционные колебания. Вертикальные моды внутренних волн. Короткие внутренние гравитационные волны и механизмы их генерации. Длинные внутренние волны.

*План проведения семинаров:*

1. Методы расчета частоты плавучести

## **Раздел 6. Морские течения и циркуляция океана**

*Тема 1. Основные физические законы, используемые в океанологии, и классификация сил в океане*

Законы сохранения массы и сохранения энергии. Три закона Ньютона. Сохранения углового момента. Закон гравитации Ньютона. Первичные силы. Гравитация. Ветровое напряжение. Атмосферное давление. Сейсмика. Вторичные силы. Силы Кориолиса. Сила трения.

*Тема 2. Уравнения движения в океанологии*

Системы координат. Источники ускорений. Градиент давления. Ускорение Кориолиса. Сила трения. Уравнения Рейнольдса. Уравнение неразрывности. Приближение Буссинеска. Гидростатическое приближение. Понятие о бета-плоскости. Безразмерные параметры. Числа Россби, Экмана, Эйлера

*Тема 3. Классификация течений*

По движущим силам: градиентные, включая термохалинные (плотностные) и стоковые (уровенные); дрейфовые (фрикционные); дрейфово-градиентные (ветровые и/или суммарные). По силам, уравнивающим градиент давления: геострофические, квазигеострофические, вязкие, инерционные, инерционно-вязкие. По особенностям происхождения: фронтальные, компенсационные. По особенностям структуры: экмановские (поверхностные и придонные), ленгмюровские, струйные и др. Бароклинная и баротропная составляющие течений.

*Тема 4. Течения без трения*

Инерционные течения. Геострофические течения. Теорема Бьеркнеса о возникновении вихрей в идеальной жидкости. Динамический метод расчета геострофических течений. Проблема отсчетной поверхности. Формула Маргулиса. Динамические карты. Понятие о бета-спирали.

*Тема 5. Течения с учетом трения*

Теория Экмана для глубокого и мелкого морей. Экмановский полный поток. Экмановская придонная спираль. Экмановская схема трехслойного ветрового течения. Циркуляция Ленгмюра.

*Тема 6. Завихренность в океане*

Вихри с вертикально ориентированной осью. Относительная, планетарная, абсолютная и потенциальная завихренность. Теоремы о сохранении потенциальной завихренности в баротропном и бароклинном океане.

Операция вихря над уравнением ветрового течения. Полный поток по меридиану, формула Свердруп. Полный поток по параллели. Карты полного результирующего переноса масс в Мировом океане.

*Тема 7. Западная интенсификация течений*

Решение проблемы западного пограничного течения в рамках уравнений полного потока. Учет придонного трения (модель Стоммела) и бокового трения (модель Манка). Западная интенсификация течений.

#### *Тема 8. Система течений Мирового океана*

Системы течений Мирового океана, ее отражение в структуре водной толщи, связь с гидрологическими фронтами. Противотечения, рециркуляции, вихревые дрейфующие структуры. Сезонная изменчивость. Прибрежная циркуляция; зоны поднятия и опускания вод. Глубинная циркуляция океанов. Роль течений в перераспределении и трансформации энергии и вещества в океане.

#### *План проведения семинаров*

Семинары проводятся в соответствии с темой раздела. В рамках семинаров даются индивидуальные задания для аттестации по каждой теме.

### **Раздел 7. Структура вод и водные массы океана**

#### *Тема 1. Тепловой, водный и солевой балансы Мирового океана*

Роль океана в планетарной климатической системе. Глобальный энергетический и гидрологический циклы. Тепловой баланс океана. Уравнение теплового баланса. Радиационный баланс. Контактный теплообмен. Испарение и конденсация.

Водный и солевой балансы океана и прилегающих морей. Осадки, материковый сток, водообмен. Бассейны. Типы водообмена. Карты составляющих баланса по океанам.

#### *Тема 2. Гидрологическая структура Мирового океана и закономерности ее формирования*

Гидрологическая структура Мирового океана и закономерности ее формирования. Распределение температуры, солености и плотности по горизонтам и вертикали. Верхний однородный слой, сезонный и главный термоклины, промежуточные и глубинные воды. Тропосфера и стратосфера океана.

Меридиональный перенос тепла и пресной воды в океанах. Генерация термохалинной циркуляции. Вертикальный поток массы.

#### *Тема 3. Географическое понятие о водной массе*

Географическое понятие о водной массе. Водные массы и фронты. Классификация водных масс. Геохимические и биогидрохимические характеристики водных масс. Трассеры в океане.

#### *Тема 4. Термохалинный анализ водных масс*

Термохалинный анализ. Теория T,S-кривых. Перемешивание водных масс при разных граничных условиях по вертикали. Промежуточная водная масса и трансформация ее ядра.

Тонкая термохалинная структура океана. Ступенчатость распределения характеристик по вертикали. Линзы в океане. Перемешивание в виде двойной (избирательной) диффузии и солевых пальцев.

Статистический T,S - анализ. Модальные характеристики. Многомерный, в том числе кластерный, анализ. Резервуарные модели. «Время пребывания» (возраст) вод.

#### *Тема 5. Формирование глубинных и придонных вод*

Формирование глубинных и придонных вод. Термохалинная конвекция. Вертикальные потоки вод. Очаги придонных вод и их распространение в Мировом океане.

#### *Тема 6. Водные массы и структура вод в морях и океанах*

Водные массы окраинных и внутренних морей. Водообмен в проливах Мирового океана. Структура вод Атлантического, Тихого, Индийского, Северного Ледовитого и Южного океанов.

#### *План проведения семинаров*

Семинары проводятся в соответствии с темой раздела. В рамках семинаров даются индивидуальные задания для аттестации по каждой теме.

### **Раздел 8. Морской лед**

#### *Тема 1. Физические свойства морского льда*

Фазовые превращения воды. Образование и рост кристаллов льда. Плотность льда. Особенности замерзания морской воды. Солевые ячейки. Соотношение твердой и жидкой фазы. Соленость льда. Выпадение (кристаллизация) солей при вымораживании. Понятие об эвтектике.

Термические свойства. Теплота плавления. Теплоемкость. Теплопроводность льда. Вертикальное распределение температуры в толще льда в разные сезоны.

Физико-механические свойства морских льдов. Прочность, плавучесть, твердость. Несущая способность льдов. Цвет, прозрачность, инородные включения. Пористость. Электрические свойства льда. Реология льда. Режелация. Деформации ледяного покрова. Сжатия, торошение, подсоны. Трещины и разводья. Заприпайные полыньи. Изостатические явления.

#### *План проведения семинаров:*

1. Дать определение солёности морского льда. Показать, как формируются солевые ячейки
2. Описать физико-механические свойства морского льда

#### *Тема 2. Ледообразование в море*

Ледообразование в море. Начальные формы морского льда. Расчет нарастания льда. Предельная толщина морских льдов. Формирование ледяного покрова. Внутриводный и донный лед.

Льды в море: речные, глетчерные, морские. Припай и дрейфующий лед. Разновидности морского льда. Льдины и ледяные поля. Арктический пак. Айсберги.

Снег на льду. Альбедо. Теплопроводность снега. Роль снегопадов в процессе ледообразования. Влияние снежного покрова на прирост льда. Погружение (продавливание) льда под нагрузкой снежного покрова.

#### *План проведения семинаров:*

1. Описать этапы формирования морского льда
2. Дать классификацию льда в море

#### *Тема 3. Динамика морского льда*

Приливы и лед. Приливные деформации ледяного покрова. Приливные трещины. Ледовый час. Влияние льда на изменение характеристик прилива. Влияние прилива на процессы разрушения льда.

Дрейф льдов. Ветровой дрейф. Дрейф по изобарам. Теории дрейфа. Движение льдов в Арктике. Вынос льдов в Атлантический океан.

#### *План проведения семинаров:*

1. Показать влияние приливов на морской лед
2. Особенности дрейфа морского льда

#### *Тема 4. Льды в Мировом океане*



Льды Антарктики. Особенности антарктического ледяного покрова. Движение льдов в Антарктике. Ледовитость высокоширотных районов Мирового океана. Льды в морях. Сезонный и вековой ход ледовитости. Льды и климат.

Мониторинг ледяного покрова. Служба ледовой разведки. Номенклатура льдов. Ледовые прогнозы. Условия плавания во льдах на трассе Северного морского пути.

*План проведения семинаров:*

Географическое распределение морского льда в Мировом океане

## **Раздел 9. Прикладная океанология**

### *Тема 1. Морское природопользование*

Виды природопользования и связанные с ними экологические проблемы. Основные инструменты регулирования морского природопользования – государственная экологическая экспертиза, оценка воздействия на окружающую среду, нормирование, лицензирование, экологическая сертификация.

Понятие о процедурах оценки воздействия на окружающую среду (ОВОС) и государственной экологической экспертизе (ГЭЭ). Нормативно-правовое обеспечение. Федеральные законы о охране окружающей среды (ФЗ №7 от 10.01.2002 г.) и экологической экспертизе (ФЗ №174 от 23.11.1995 г в ред. от 28.06.2014 г.). История процедуры ОВОС. Последовательность проведения ОВОС. ОВОС за рубежом и в России. Проведение ГЭЭ. Экологическое нормативно-правовое обеспечение мореплавания, рыболовства и морских проектов. Иерархия правовой базы. Международные конвенции, договоры и соглашения, их виды. Конвенция ООН по морскому праву 1982 г. Российские федеральные законы (ФЗ № 155, 187, 191, 117, 166, 96, 89, 246, 2395-1), кодексы, указы, постановления правительства (№87). Нормативы: СНиП'ы, СП, ВСН, РД и пр. Структура тома «Перечень мероприятий по охране окружающей среды» (ПМООС) в составе ТЭО строительства. ОВОС как составная часть тома ПМООС. Оценка ущерба рыбным запасам и другим водным биоресурсам.

*План проведения семинаров:*

Классификация видов природопользования – назовите основные типы и виды. Какими документами руководствуется Государственная экологическая экспертиза. Этапы проведения ГЭЭ. В чем отличие процедуры ОВОС от содержания раздела проекта ПМООС. Назовите основные «морские» законы России. В чем состоит иерархия правовой базы морепользования. Конвенция ООН по морскому праву 1982 г. о экологических проблемах морепользования.

### *Тема 2. Инженерные изыскания в морском строительстве*

Виды изысканий. Нормативные и разрешительные документы. ОВОС в изысканиях. Инженерно-геологические изыскания. Решаемые задачи. Экологические проблемы – буровые отходы, сейсмические исследования. Инженерно-гидрометеорологические изыскания. Решаемые задачи. Инженерно-экологические изыскания. Решаемые задачи. Инженерно-геодезические изыскания и гидрографические работы. Решаемые задачи.

*План проведения семинаров:*

Назовите основные виды инженерных изысканий на море и решаемые ими задачи. Какие экологические проблемы возникают при проведении различных видов изысканий на море. Предложите мероприятия по предупреждению негативных последствий инженерных изысканий на море.

### *Тема 3. Экологическое сопровождение морепользования*

Экологическое сопровождение мореплавания. МАРПОЛ 73/78. Конвенции по Балтике, Черному морю и Каспию. Обращение с отходами. Экологическое сопровождение рыболовства. Переловы. Определение ОДУ. Экологичность орудий лова. Экологическая сертификация. Экологическое сопровождение освоения морских месторождений нефти и газа. Различные этапы освоения: поиски и разведка, изыскания, строительство скважин,

эксплуатация и ликвидация. Экологическое сопровождение транспортировки углеводородов. Танкерный и газовозный флот. Трубопроводный транспорт. Строительство и эксплуатация подводных трубопроводов. Экологическое сопровождение гидротехнического строительства. Деятельность в береговой зоне моря. Портостроение и эксплуатация портов. Дноуглубление. Строительство морских каналов. Проблемы создания искусственных земельных участков в море. Прокладка подводных линий связи. ООС в планах ликвидации аварийных разливов нефти (ЛАРН). ОВОС и ГЭЭ. Комплексное управление прибрежными зонами (КУПЗ) и морское пространственное планирование (МПП) – экологические аспекты.

*План проведения семинаров:*

Основные экологические проблемы, возникающие в результате различных видов морепользования – мореплавания, рыболовства, освоения морских месторождений углеводородов и твердых полезных ископаемых, транспортировки углеводородов, различных видов гидротехнического строительства. Какие меры принимаются для снижения негативного влияния на окружающую среду – назвать основные. В чем заключаются экологические аспекты дреджинга. В чем заключается суть КУПЗ и МПП. Назовите основные экологические аспекты при разработке планов комплексного управления прибрежными зонами и морском пространственном планировании.

## **6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов по дисциплине**

Самостоятельная работа студентов проводится с целью закрепления и углубления знаний по изучаемой дисциплине. Она предусматривает:

- изучение разделов дисциплины с использованием предлагаемой преподавателем учебной и научной литературы;
- подготовку к семинарам, тематическим дискуссиям; ответы на вопросы для самопроверки; повторение учебного материала и т.д.;
- поиск литературы и других информационных источников; составление библиографии по заданной теме, подготовку аналитических обзоров;
- подготовку рефератов, докладов;
- участие в олимпиадах, конкурсах.

Теоретические положения дисциплины закрепляются во время прохождения студентами производственных практик.

## **7. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости**

### ***Раздел 1. Введение в специальность***

*Вопросы к устному опросу по теме 1:*

1. Назовите основные этапы развития океанологии
2. Известные зарубежные ученые – основоположники океанографии

*Вопросы к устному опросу по теме 2:*

1. Гипотеза образования водной массы Мирового океана по Виноградову
2. Этапы формирования солевого состава вод Мирового океана
3. Основные положения концепции тектоники плит

*Вопросы к контрольной работе по теме 3:*

1. Соленость морской воды. Методы ее определения
2. Тепловые свойства морской воды. Теплоемкость. Удельная теплоемкость
3. Подводный звуковой канал

4. Адиабатический градиент температуры морской воды. Потенциальная температура
5. Уравнения состояния морской воды
6. Образование льда из морской воды. Эвтектика. Солевые ячейки.

*Вопросы к устному опросу по теме 4:*

1. Приливы. Приливообразующие силы. Неравенства приливов
2. Основы трохоиальной теории волн. Волны на мелкой и глубокой воде. Рефракция волн
3. Экмановская теория дрейфовых течений
4. Геоострофические течения
5. Вертикальная устойчивость вод
6. Определение водной массы

## **Раздел 2. Физические свойства морской воды**

*Вопросы к устному опросу по теме 1:*

- Чем отличается ковалентная связь от водородной?
- Чем обусловлен большой дипольный момент молекулы воды?
- Какая из энергий в жидкой фазе больше: тепловая энергия молекулы воды или энергия водородной связи?
- В чем сущность эффекта гибридизации?
- В каком фазовом состоянии расстояние между молекулами больше: в водяном паре или во льду?
- Что такое «тяжелая вода»?
- Что понимается под фракционированием изотопов?
- Какие модели структуры воды являются энергетически двухструктурными?
- Чем объясняются аномальные температуры плавления и кипения воды по сравнению с родственными веществами – гидридами элементов VI группы?

*Вопросы к устному опросу по теме 2:*

- За счет какого вида энергии осуществляется работа при изотермических процессах при постоянном объеме?
- Для чего нужны соотношения Максвелла?
- Какие параметры термодинамической системы называются функциями состояния?
- В чем отличие замкнутой системы от закрытой?
- Как называется термодинамический потенциал при заданных давлении и температуре?
- Какая сила соответствует внешнему параметру объем?
- Сколькими способами происходит обмен энергией между системой и внешними телами?
- Известно, что агрегатных состояний всего четыре. А сколько может существовать фаз?
- Без чего нельзя преобразовать теплоту в работу?
- Почему чистая вода является однофазной и однокомпонентной системой, а смесь газов водорода и кислорода – однофазной, но двухкомпонентной системой?
- Какие параметры системы из перечисленных ниже зависят от массы: энергия, давление, температура, энтропия, вязкость? Как они при этом называются?

*Вопросы к устному опросу по теме 3:*

- В чем суть гипотезы формирования водной массы Мирового океана А.П. Виноградова?
- Назовите этапы формирования солевого состава Мирового океана.

- Что понимается под законом Диттмара?
- Почему морскую воду можно представить как двухкомпонентную систему?
- Что подразумевается под температурой *in situ*?
- Какая шкала температуры используется в настоящее время?
- Что понимается под истинной соленостью?
- В чем заключается отличие определения солености методом Мора-Кнудсена от метода электропроводности?
- Что такое аномалия плотности и аномалия удельного объема морской воды?
- На какую величину отличается давление на двух разных горизонтах в воде, находящейся в состоянии равновесия в поле силы тяжести?
- Почему в океанологии до сих пор применяется единица давления бар?
- Что численно больше: глубина или давление?
- Где больше ускорение силы тяжести: на экваторе или на полюсах?
- В чем измеряется динамическая глубина (высота)?

*Вопросы к контрольной работе по теме 4:*

- Эмпирические уравнения состояния морской воды.
- T,S-диаграмма. T,S-кривая.
- Коэффициенты термического расширения и соленостного сжатия. Их соотношения.
- Температура наибольшей плотности. Критическая точка.
- Удельная теплоемкость морской воды.
- Уплотнение при смешении морских вод.

*Вопросы к устному опросу по теме 5:*

- Что такое объемный модуль упругости?
- Почему адиабатическая сжимаемость меньше изотермической?
- Как коэффициент изотермической сжимаемости зависит от солености, температуры и давления морской воды?
- Что понимается под потенциальной температурой?
- Какие волны называются звуковыми?
- Что влияет на скорость распространения звука в морской воде?
- За счет чего в океане образуется подводный звуковой канал.

*Вопросы к устному опросу по теме 6:*

- Назовите общие условия равновесия термодинамических систем.
- Какие частные условия равновесия вы знаете?
- Что отражает принцип Ле Шателье-Брауна?
- Назовите правило фаз Гиббса.
- Что такое число термодинамических степеней свободы системы?
- Сколько термодинамических степеней свободы в системе лед–вода–пар?
- Что называется тройной точкой?
- Какие существуют фазовые переходы?
- Какое уравнение используется для вычисления изменения температуры фазового перехода?
- Что понимается под поверхностным натяжением?
- Как зависит величина поверхностного натяжения от температуры и солености воды?
- У какой жидкости поверхностное натяжение больше: у спирта или воды?
- Что такое полная вертикальная устойчивость морской воды?
- Что отражают барическая и термохалинная устойчивости?
- Что такое частота Вейселя-Брента?

*Названия рефератов по теме 7:*

- Осмотическое давление в океане и его роль в жизни морских организмов.
- Коллигативные свойства морской воды.

*Вопросы к устному опросу по теме 8:*

- Какой параметр отражает способность морской воды изменять свою электрическую индукцию под влиянием внешнего электрического поля?
- Что понимается под удельной электропроводностью и что она характеризует?
- Какие параметры морской воды влияют на ее удельную электропроводность и как?
- Зависит ли удельная электропроводность от изменения относительного состава ионов морской воды?
- Что такое электрическая проницаемость?
- Какие виды поляризации можно выделить у морской воды?
- К какой группе веществ относится морская вода по своим магнитным свойствам: диамагнетикам, парамагнетикам или ферромагнетикам?
- Что такое магнитная восприимчивость?

**Раздел 3. Перемешивание и турбулентность**

*Вопросы к контрольной работе по теме 1:*

1. Сравнить турбулентную диффузию с турбулентным обменом
2. Дать определение гипотезы о длине пути смешения
3. Назвать критерий механического подобия вязкого движения жидкостей
4. Перечислить факторы, влияющие на молекулярную вязкость морской воды
5. Дать математическое определение турбулентной пульсации скорости
6. Написать полное уравнение обмена субстанцией  $q$

*Вопросы к контрольной работе по теме 2:*

1. Выявить факторы, формирующие турбулентность в пограничных слоях океана
2. Назвать основные климатические типы термохалинной конвекции
3. Сформулировать универсальный закон распределения скоростей с глубиной при равновесной стратификации
4. Сформулировать законы Фурье для тепловых волн в море
5. Написать формулу для расчета термохалинной устойчивости
6. Написать выражение для частотного числа Ричардсона
7. Написать уравнение баланса турбулентной энергии

**Раздел 4. Оптика и акустика океана**

*Вопросы к устному опросу по теме 1:*

1. Назовите источники света в морской воде
2. Отражение света. Понятие альбедо
3. Преломление света, коэффициент преломления
4. Влияние волн на отражение и преломление света
5. Поглощение света в морской воде
6. Рассеяние света в морской воде

*Вопросы к контрольной работе по теме 2:*

1. Оптические свойства морской воды
2. Влияние вещественного состава морской воды на ослабление света и его спектральный состав

### 3. Характеристика светового поля в море: яркость, облученность, поляризация

*Вопросы к устному опросу по теме 3:*

1. Принципы определения основных оптических величин: облученности, яркости, ослабления, рассеяния
2. Дистанционное гидрооптическое зондирование
3. Приложения гидрооптических методов в морской биологии

*Вопросы к устному опросу по теме 4:*

1. Дать определение звука, акустического спектра, упругости
2. Сформулировать основной закон рефракции звуковых лучей и следствия из него
3. Назвать условия отрицательной рефракции звуковых лучей
4. Назвать условия положительной рефракции звуковых лучей
5. Написать вывод закона преломления
6. Написать теоретическую формулу скорости звука

*Вопросы к контрольной работе по теме 5:*

1. Дать определение скорости распространения звука в воде
2. Назвать прямые и косвенные методы определения скорости звука в океане
3. Перечислить эмпирические формулы для расчета скорости звука в морской воде
4. Показать, как зависит скорость звука в морской воде от температуры, солености и давления
5. Дать определение подводного звукового канала

*Вопросы к устному опросу по теме 6:*

1. Дать определение звукорассеивающих слоев
2. Поле скорости звука. Акустическая структура, как функция гидрологической структуры вод.

## **Раздел 5. Волны и приливы**

### **Семестр 6**

*Примерный перечень вопросов к устному опросу по теме 1*

- 1) Прогрессивные и стоячие волны
- 2) Дайте общие определения поверхностных и внутренних волн
- 3) Перечислите пять основных типов волн в океане в зависимости от природы возвращающей силы
- 4) Дайте определение прогрессивной плоской гармонической волны
- 5) Перечислите характеристики, применяемые при описании морских волн
- 6) Напишите соотношения между периодом и частотой волны, а также между длиной и волновым числом
- 7) Дайте определения фазовой и групповой скорости

*Примерный перечень вопросов к устному опросу по теме 2*

- 1) Сформулируйте постановку задачи потенциальной теории гравитационных волн
- 2) Что такое дисперсионное соотношение?
- 3) Изложите основные выводы теории свободных волн малой амплитуды в море конечной глубины
- 4) Напишите дисперсионное соотношение для свободных волн малой амплитуды в бесконечно глубоком море
- 5) Укажите связь между фазовой и групповой скоростью для волн малой амплитуды
- 6) Укажите критерий, определяющий короткие и длинные волны
- 7) Сформулируйте различия между короткими и длинными волнами

8) Напишите формулы для энергии волн и ее потока

*Примерный перечень вопросов к устному опросу по теме 3*

- 1) Условие применимости нелинейной теории Стокса
- 2) Разложение возмущения свободной поверхности в ряд Фурье по Стоксу
- 3) Особенности профиля и траектории частиц воды для нелинейных волн Стокса
- 4) Скорость переноса частиц
- 5) Нелинейные эффекты и дисперсия. Параметр Урселла
- 6) Уравнение Кортевега-де Фриза
- 7) Гидравлический прыжок
- 8) Кноидальные волны. Солитоны

*Примерный перечень вопросов к устному опросу по теме 4*

- 1) Дайте определение капиллярных волн
- 2) Напишите упрощенные дисперсионные соотношения для капиллярных волн
- 3) Опишите пространственно-временные характеристики капиллярных волн и их роль в генерации ветровых волн
- 4) Кратко изложите современные представления о процессе возбуждения и развития ветровых волн
- 5) Характеристики ветрового волнения.
- 6) Дайте определение повторяемости и обеспеченности значений элементов ветрового волнения
- 7) Назовите основные особенности распределения элементов ветрового волнения
- 8) Функции распределения элементов волн
- 9) Основные особенности частотного спектра вертикальных смещений воды для ветровых волн
- 10) Спектральные модели ветрового волнения
- 11) Назовите главные волнообразующие факторы
- 12) Уравнение баланса волновой энергии
- 13) Эмпирические и полуэмпирические методы расчета ветрового волнения
- 14) Применение спектральных моделей для расчета ветрового волнения
- 15) В каком секторе циклона наблюдается наиболее интенсивное волнение?
- 16) Как изменяется длина и фазовая скорость волн при подходе к берегу?
- 17) Как изменяется высота волны в зависимости от глубины на мелководье?
- 18) Что такое разрывное течение?
- 19) В чем состоит явление рефракции волн?
- 20) Аномальные волны (волны-убийцы), их основные особенности
- 21) Свидетельства и объективные данные, подтверждающие существование волн-убийц
- 22) Проект *MaxWave*
- 23) Воздействие аномальных волн на суда и морские сооружения

## **Семестр 7**

*Примерный перечень вопросов к устному опросу по теме 5*

В каких районах океана наблюдаются наибольшие по величине приливные колебания уровня?

Какие приливы преобладают в Мировом океане?

Перечислите термины и понятия, применяемые при описании приливных колебаний уровня.

Объясните механизм возникновения приливообразующей силы

Напишите выражение для потенциала приливообразующей силы

Сформулируйте допущения, лежащие в основе статической теории приливов

Почему возникает суточное неравенство  
Изложите механизм возникновения тропического и фазового неравенств  
Чему равен период параллактического неравенства?  
Назовите основные группы гармонических составляющих прилива  
В чем заключаются недостатки статической теории приливов?  
Что такое лунный промежуток?  
Сформулируйте основные положения динамической теории приливов  
Сформулируйте основные результаты каналовой теории приливов  
Каковы особенности вертикального профиля скорости приливных течений?  
Как изменяется фаза приливных течений с глубиной?  
Что такое гармонические постоянные приливов?  
Написать выражение для высоты прилива в виде суммы гармонических составляющих  
Что такое специальный угол положения?

*Примерный перечень вопросов к устному опросу по теме 6*

Каким образом сила Кориолиса влияет на приливную волну в канале?  
Перечислите свойства волны Кельвина  
Что такое радиус деформации Россби?  
Каким образом образуются амфидромические системы?  
Волны Пуанкаре  
В чем состоят различия между волнами Кельвина и Пуанкаре?  
Волны Свердрупа  
Каким образом возникают сейши?  
Напишите формулу Мерриана для периода  $n$ -узловой сейши.  
Какие изменения уровня океана описывает «закон обратного барометра»?  
Ветровое воздействие на уровень моря  
Уравнения движения и неразрывности с учетом атмосферных вынуждающих воздействий  
Как возникают штормовые нагоны?  
В каких прибрежных акваториях Мирового океана наиболее часто наблюдаются катастрофические штормовые нагоны?  
Назовите причины возникновения цунами  
Какие высоты имеют катастрофические волны цунами?  
Какова фазовая скорость распространения волн цунами?  
Какие районы побережья Мирового океана наиболее цунамиопасны?  
Что такое изохронны?

*Примерный перечень вопросов к устному опросу по теме 7*

В чем состоит приближение  $\beta$ -плоскости?  
Сформулируйте закон сохранения абсолютного и потенциального вихря  
Опишите механизм возникновения планетарных волн Россби  
В чем суть квазигеострофического приближения в геофизической гидродинамике?  
Напишите дисперсионное соотношение для планетарных волн Россби  
Изложите основные свойства планетарных волн Россби  
Объясните механизм возникновения топографических волн Россби  
Напишите дисперсионное соотношение для топографических волн  
В чем состоит различие между топографическими и шельфовыми волнами?  
Каковы пространственно-временные масштабы шельфовых волн?

*Примерный перечень вопросов к устному опросу по теме 8*

Объясните механизм существования внутренних волн



Что такое частота Вайсяля-Брента?

Напишите дисперсионное соотношение для внутренних волн во вращающемся, стратифицированном океане

В каких пределах находится частота гравитационно-гироскопических волн?

Какова связь между направлениями векторов фазовой и групповой скорости для внутренних волн?

Опишите свойства инерционных колебаний

Дайте определение нормальных мод внутренних волн

Перечислите основные механизмы генерации внутренних волн

Характеристики внутренних волн в океане

## ***Раздел 6. Морские течения и циркуляция вод***

*Вопросы к контрольной работе по теме 2:*

1. Уравнения движения Рейнольдса
2. Уравнение неразрывности для сжимаемой и несжимаемой жидкости
3. Сила тяжести. Ускорение силы тяжести
4. Градиент давления
5. Системы координат.  $\beta$ -плоскость
6. Безразмерные параметры. Числа Россби, Экмана, Эйлера
7. Приближение Буссинеска. Гидростатическое приближение

*Вопросы к устному опросу по теме 4:*

1. Инерционные течения. Радиус инерции. Инерционный период
2. Геострофические течения. Динамический метод Бьеркнеса
3. Отчетная поверхность в динамическом методе
4. Изобарические и геопотенциальные поверхности

*Вопросы к устному опросу по теме 5:*

1. Экмановские дрейфовые течения в глубоком море
2. Экмановские дрейфовые течения в мелком море
3. Циркуляция Ленгмюра

*Вопросы к устному опросу по теме 6:*

1. Завихренность. Относительная, планетарная, абсолютная, потенциальная
2. Сохранение потенциальной завихренности в океане
3. Формула Свердруп
4. Уравнение вихря

*Вопросы к устному опросу по теме 7:*

1. Западная интенсификация течений и сохранение потенциальной зависимости
2. Западная интенсификация течений и модель Стоммела

*Вопросы к устному опросу по теме 8:*

1. Прибрежная циркуляция; зоны поднятия и опускания вод
2. Глубинная циркуляция океанов
3. Экваториальные противотечения
4. Сезонная изменчивость течений

## ***Раздел 7. Структура вод и водные массы***

**Семестр 7**

*Вопросы к устному опросу по теме 1:*

1. Перечислить внутренние и внешние факторы, влияющие на климат
2. Назвать компоненты теплового баланса поверхности океана
3. Перечислите параметры необходимые для расчета потоков явного и скрытого тепла с поверхности океана
4. Назвать современные источники данных о компонентах водного баланса поверхности океана
5. Назовите основные географические закономерности распределения компонентов водного баланса океанов

*Вопросы к контрольной работе по теме 2:*

1. Дать определение вертикального потока массы на поверхности океана
2. Привести алгоритм расчета меридиональный перенос тепла в океане
3. Дать определение глобального конвейера
4. Гидрологическая структура Мирового океана. Распределение температуры, солености и плотности по горизонтам и вертикали

*Вопросы к устному опросу по теме 3:*

1. Дать определение водной массы
2. Перечислить изотопы, которые используются для оценки возраста водных масс
3. Назовите принципы выделения границы водных масс

## **Семестр 8**

*Вопросы к устному опросу по теме 4:*

1. Дать определение объемной T,S -диаграммы
2. Теория T,S-кривых
3. Тонкая термохалинная структура океана
4. Линзы в океане

*Вопросы к контрольной работе по теме 5:*

1. Дать определение субдукции вод океана
2. Назвать районы, где формируются глубинные воды океанов
3. Термохалинная конвекция
4. Очаги придонных вод и их распространение в Мировом океане

*Вопросы к устному опросу по теме 6:*

1. Изучить, чем определяется структура вод окраинных и внутренних морей
2. Водообмен в проливах Мирового океана

## **Раздел 8. Морской лед**

*Примерный перечень вопросов к устному опросу по теме 1:*

Определить, какие изменения происходят в воде при переходе из жидкого состояния в твердое и обратно

Дать определение температуры замерзания. Показать различия в этом понятии для пресной и соленой (морской) воды

Описать, с какими отличиями происходит замерзание морской воды в природном водоеме и закрытом сосуде

Дать определение тройной точки воды и теплоты фазовых переходов

Плотность упаковки молекул воды и льда. Координационное число и функция радиального распределения.

Описать элементарную кристаллическую ячейку льда

Описать кристаллическую структуру льда

Описать самопроизвольное и вынужденное образование ледяных кристаллов  
Дать определение эвтектики. Назвать причины, почему в ледоисследовательских работах необходимо учитывать эвтектические процессы

Дать определение солёности льда. Сравнить понятия «солёность льда» и «солёность воды»

Описать особенности формирования и эволюции солевых ячеек

Назвать особенности температурного поля в структуре морского льда

Дать характеристику теплоемкости и теплопроводности морского льда

Дать характеристику плотности морского льда. Назвать причины изменения плотности. Написать коэффициент плавучести льда

Описать упругость, пластичность и хрупкость льда. Дать понятие о твердости и режеляции

*Примерный перечень вопросов к устному опросу по теме 2:*

Описать особенности отражения, преломления и поглощения солнечной радиации, падающей на поверхность морского льда. Дать определение альбедо снежной, ледяной и водной поверхности

Назвать термодинамические условия образования и существования морского льда

Дать понятие о конжеляционном льду. Перечислить начальные формы морского льда

Дать характеристику припайным и дрейфующим льдам. Описать их географическое распространение в Северном Ледовитом океане

Показать механизмы формирования арктических айсбергов и ледяных островов

Дать понятие о предельной толщине ледяного покрова и возрасте льда

Описать снежный покров на поверхности льдов, снежницы, проталины и промоины на ледяных полях

*Примерный перечень вопросов к устному опросу по теме 3:*

Показать влияние ветра, течений и приливов на характеристики ледяного покрова

Описать торшение, трещины, разводья, полыньи (временные, стационарные, заприпайные)

*Примерный перечень вопросов к устному опросу по теме 4:*

Дать понятие о ледовитости высокоширотных морей и сплоченности ледяного покрова

Назвать географические особенности Северного Ледовитого и Южного океанов, отражающиеся на образовании и свойствах морского ледяного покрова

Описать дрейфующий лед Южного океана

Описать припайные льды Южного океана

Описать шельфовые льды и айсберги Южного океана

Показать влияние морских льдов на климат Земли

## **Раздел 9. Прикладная океанология**

*Примерный перечень вопросов к устному опросу по теме 1:*

–В каких морских пространствах осуществляется природопользование?

–Какие виды морепользования относятся к ресурсопотребляющему классу, средоформирующему, средоохранному и транспортно-коммуникационному?

–В чем заключается смысл процедуры ОВОС?

–Какие документы должны быть представлены на государственную экологическую экспертизу проекта строительства морского порта?

–Какой «морской» закон вы рекомендовали бы принять нижней палате Федерального Собрания РФ?

*Примерный перечень вопросов к устному опросу по теме 2:*

Какими основными документами руководствуются при проведении морских инженерных изысканиях?

Расскажите о процедуре ОВОС в морских инженерных изысканиях.

Какой вид изысканий наносит наибольший экологический вред морской среде?

Предложите мероприятия для снижения негативных последствий при проведении морских изысканий.

*Примерный перечень вопросов к устному опросу по теме 3:*

Что такое МАРПОЛ 73/78?

Какие отходы образуются при мореплавании и как с ними следует обращаться?

Кратко охарактеризуйте экологические проблемы Балтийского моря. Черного моря. Каспия.

Что такое экологическая сертификация рыболовства?

Какие способы ликвидации аварийных разливов нефти вы знаете?

Какие экологические проблемы возникают при эксплуатации морского порта? Как их можно решать?

Какие организации регламентируют морскую деятельность в России?

## **8. Формы и содержание промежуточной аттестации**

Устный экзамен – 4, 7

Устный экзамен – 3, 5, 6, 8. Экзамены проводятся по итогам текущего контроля успеваемости.

Устный зачет – 5, 7, 7, 8

### ***Раздел 1. Введение в специальность (семестр 3)***

Устный экзамен

*Вопросы к экзамену:*

1. Происхождение водной массы Мирового океана
2. Этапы формирования солевого состава вод Мирового океана
3. Соленость морской воды и методы ее определения
4. Эмпирические уравнения состояния морской воды
5. Температура воды *in situ*. Потенциальная температура
6. Плотность морской воды. Аномалия плотности
7. Температура наибольшей плотности. Температура замерзания
8. Тепловые свойства морской воды. Теплоемкость
9. Уровенная поверхность
10. Приливы. Приливообразующие силы. Неравенства приливов
11. Трохоидальная теория волн
12. Деформация поверхностных волн при выходе на мелководье
13. Силы, вызывающие течения в океанах и морях
14. Дрейфовые течения. Теория Экмана
15. Вертикальная устойчивость вод в океане
16. Нелинейные свойства морской воды
17. Водная масса. Определение. Типы водных масс по вертикали
18. Тепловой баланс Мирового океана
19. Морской лед. Образование. Солевые ячейки
20. Физико-химические свойства морского льда

### ***Раздел 2. Физические свойства морской воды (семестр 4)***

Устный экзамен

*Вопросы к экзамену:*

– Давление. Изотропность гидростатического давления в море.

- Теплоемкость морской воды. Теплоемкости при постоянном давлении и постоянном объеме. Их соотношение.
- Сжимаемость морской воды. Барическая и адиабатическая сжимаемости.
- Уравнение состояния морской воды. Дифференциальная форма уравнения состояния. Эмпирические уравнения состояния Кнудсена, УС-80, TEOS-2010.
- Коллигативные свойства морской воды. Скрытая теплота испарения. Давление насыщенного пара.
- Осмотическое давление. Роль осмотического давления в океане.
- Соленость морской воды. Постоянство солевого состава морской воды.
- Поле силы тяжести. Геопотенциал и динамическая глубина.
- Электромагнитные свойства морской воды. Электропроводимость.
- Адиабатический градиент температуры. Потенциальная температура.
- Структура воды: наблюдения и модели.
- Соленость. Определение солености.
- Температура наибольшей плотности. Критическая точка.
- Коэффициенты термического расширения и соленостного сжатия.
- Вертикальная устойчивость. Частота Вайсяля-Брента.
- Теплота смешения. Уплотнение при смешении.
- Термодинамические потенциалы. Внутренняя энергия. Энергия Гельмгольца. Потенциал Гиббса. Энтальпия.
- Поверхностное натяжение морской воды.
- Температура морской воды. Температура *in situ*. Шкалы температуры.
- Плотность. Удельный объем.

### **Раздел 3. Перемешивание и турбулентность (семестр 5)**

Устный экзамен

*Вопросы к экзамену:*

1. Баланс турбулентной энергии в океане. Критерий Ричардсона
2. Вертикальная устойчивость вод океана. Частота Вайсяля-Брента
3. Распространение тепловых волн в море. Законы Фурье
4. Возникновение турбулентности. Гипотеза подобия и критерий Рейнольдса
5. Термохалинный анализ вод океана
6. Ламинарное течение. Закон трения Ньютона
7. Классификация процессов перемешивания в океане
8. Коэффициенты молекулярной вязкости и турбулентного обмена
9. Уравнение теплопроводности и диффузии. Физическое объяснение входящих в них членов
10. Зимняя вертикальная циркуляция
11. Факторы, влияющие на молекулярную вязкость морской воды

### **Раздел 4. Оптика и акустика океана (семестр 5)**

Устный зачет

*Вопросы к зачету:*

1. Скорость распространения звука в морской воде
2. Подводный звуковой канал
3. Зависимость скорости распространения звука в морской воде от температуры, солености и давления
4. Прямые и косвенные методы определения скорости звука в океане
5. Механизмы затухания акустической энергии
6. Преломление и рефракция звуковых лучей. Закон преломления. Основной закон рефракции
7. Процессы трансформации световой энергии в морской воде

8. Первичные и вторичные гидрооптические характеристики океана
9. Факторы, обуславливающие освещенность поверхности моря. Альbedo моря
10. Молекулярное рассеяние и рассеяние взвешенными частицами в морской воде
11. Индикатриса рассеяния светового излучения

## **Раздел 5. Волны и приливы (семестры 6, 7)**

### *Семестр 6*

#### Устный экзамен

##### *Вопросы к экзамену:*

Классификация волновых движений в океане

Элементы волн. Фазовая и групповая скорость

Постановка задачи линейной потенциальной теории поверхностных гравитационных

#### волн

Свободные волны малой амплитуды в море конечной глубины

Свободные волны малой амплитуды в бесконечно глубоком море

Короткие и длинные волны

Энергия волн и ее поток

Нелинейные волны Стокса

Нелинейные эффекты и дисперсия. Параметр Урселла

Уравнение Кортевега – де Фриза. Кноидальные волны. Солитоны

Капиллярные волны

Современные представления о процессе возбуждения и развития ветровых волн

Статистическое описание ветрового волнения

Частотный спектр вертикальных смещений для ветровых волн

Волнообразующие факторы и методы расчета ветрового волнения

Уравнение баланса волновой энергии

Краткая характеристика численных моделей ветрового волнения

Трансформация волн при выходе на мелководье

Ветровые волны в Мировом океане

Аномальные волны (волны-убийцы)

### *Семестр 7*

#### Устный зачет

##### *Вопросы к зачету:*

Приливы. Основные понятия

Приливообразующая сила и ее потенциал

Статическая теория приливов

Неравенства приливов

Понятие о динамической теории приливов

Каналовая теория приливов

Гармонический анализ приливов

Приливы в Мировом океане

Волна Кельвина

Амфидромическая система

Волны Пуанкаре и Свердруп

Сейши

Анемобарические волны. Штормовые нагоны

Цунами

Приближение  $\beta$ -плоскости. Закон сохранения абсолютного и потенциального вихря

Планетарные волны Россби

Топографические волны Россби и шельфовые волны

Гироскопические волны. Инерционные колебания

Внутренние волны во вращающемся, стратифицированном океане  
Нормальные моды внутренних волн

### **Раздел 6. Морские течения и циркуляция вод (семестр 7)**

Устный экзамен

*Вопросы к экзамену:*

1. Геострофические течения. Динамический метод Бьеркнеса
2. Теория Экмана для глубокого моря
3. Приближение Буссинеска. Гидростатическое приближение
4. Уравнение неразрывности для сжимаемой и несжимаемой жидкости
5. Сила Кориолиса
6. Градиент давления
7. Западная интенсификация течений
8. Завихренность в океане. Сохранение потенциальной завихренности
9. Уравнения движения Рейнольдса
10. Безразмерные параметры. Числа Россби, Экмана, Эйлера
11. Градиентные течения

### **Раздел 7. Структура вод и водные массы (семестры 7, 8)**

*Семестр 7*

Устный зачет

*Вопросы к зачету:*

1. Внутренние и внешние факторы влияющие на климат
2. Тепловой баланс поверхности океанов
3. Водный баланс поверхности океанов
4. Основные географические закономерности распределения компонентов водного баланса океанов
5. Меридиональный перенос тепла в океанах
6. Глобальный конвейер в Мировом океане
7. Гидрологическая структура Мирового океана

*Семестр 8*

Устный экзамен

*Вопросы к экзамену:*

1. Определение водной массы
2. Статистический T,S-анализ вод
3. Тонкая термохалинная структура океана
4. Линзы в океане
5. Субдукция вод в океане
6. Термохалинная конвекция
7. Глубинные воды океанов. Районы их формирования
8. Придонные воды океанов. Очаги их формирования
9. Структура вод окраинных и внутренних морей.
10. Водообмен в проливах Мирового океана

### **Раздел 8. Морской лед (семестр 8)**

Устный зачет

*Вопросы к зачету:*

Условия, необходимые для начала образования морского льда. Формирование ледяного покрова и начальные формы льдов.

Нарастание и таяние ледяного покрова.

Дрейф льдов под действием ветра.

Закономерности распределения льдов в Северном Ледовитом и Южном океанах.  
 Основные тепловые свойства морского льда.  
 Эффективная теплоемкость морского льда.  
 Особенности формирования и эволюции солевых ячеек  
 Кристаллическая структура льда  
 Соленость морского льда  
 Упругость, пластичность и хрупкость льда  
 Термодинамические условия образования и существования морского льда  
 Теплоемкость и теплопроводность морского льда

### **Раздел 9. Прикладная океанология (семестр 8)**

Устный зачет

*Вопросы к зачету:*

Основные виды морского природопользования  
 Процедура ОВОС в морских проектах  
 Проведение государственной экологической экспертизы: документы, сроки, состав экспертов.  
 Общественная экологическая экспертиза  
 Вопросы морепользования и охраны морской среды в Конвенции ООН по морскому праву 1982 г.  
 Загрязнение морской среды и МАРПОЛ 73/78  
 Экологические аспекты морских инженерных изысканий  
 Обращение с отходами, образующимися на морских судах  
 Экологические проблемы российских морей  
 Экологические аспекты дреджинга  
 Комплексное управление прибрежными зонами и морское пространственное планирование

### **ШКАЛЫ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ (РО)**

**Экзамен**

<b>Оценка РО и соответствующие виды оценочных средств</b>	<b>Неудовлетворительно</b>	<b>Удовлетворительно</b>	<b>Хорошо</b>	<b>Отлично</b>
<b>Знания</b> (виды оценочных средств: устный опрос)	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Сформированные систематические знания
<b>Умения</b> (виды оценочных средств: практические контрольные задания)	Отсутствие умений	В целом успешное, но не систематическое умение	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности принципиального характера)	Успешное и систематическое умение
<b>Навыки (владения, опыт деятельности)</b> (виды оценочных средств:	Отсутствие навыков	Наличие отдельных навыков	В целом, сформированные навыки (владения), но используемые не в активной форме	Сформированные навыки (владения),



практические контрольные задания)				применяемые при решении задач
-----------------------------------	--	--	--	-------------------------------

### Зачет

Оценка РО и соответствующие виды оценочных средств	Незачет	Зачет
<b>Знания</b> (виды оценочных средств: устный опрос)	Фрагментарные знания или отсутствие знаний	Сформированные систематические знания или общие, но не структурированные знания
<b>Умения</b> (виды оценочных средств: практические контрольные задания)	В целом успешное, но не систематическое умение или отсутствие умений	Успешное и систематическое умение или в целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности не принципиального характера)
<b>Навыки (владения, опыт деятельности)</b> (виды оценочных средств: практические контрольные задания)	Наличие отдельных навыков или отсутствие навыков	Сформированные навыки (владения), применяемые при решении задач или в целом, сформированные навыки (владения), но используемые не в активной форме

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

#### а) основная литература:

- Архипкин В. С., Добролюбов С. А. Океанология. Физические свойства морской воды. — М.: Юрайт, 2017. — 216 с.
- Гилл А. Динамика атмосферы и океана. В 2 т. М.: Мир, 1986, т.1 - 397 с. т.2 - 415 с.
- Деев М.Г. Океанология. М: Макс Пресс, 2017, 315 с.
- Деев М.Г. Морские льды. М.: Изд-во Московского университета, 2002.
- Деев М.Г. Акустика океана. М.: Географический факультет МГУ, 2008, 108 с.
- Иванов В.А., Показеев К.В., Шрейдер А.А. Основы океанологии. СПб: изд-во Лань, 2008
- Кондрин А.Т. Волновые процессы в океане. Учебное пособие. М.: Изд-во Московского университета, 2004
- Мамаев О.И. Физическая океанография. Избранные труды. М.: ВНИРО, 2000.
- Полонский А.Б. Роль океана в изменениях климата. Киев: Наукова Думка, 2008, 184 с.
- Ocean Circulation and Climate. A 21<sup>st</sup> Century Perspective. Ed. Siedler G., Griffies S.M., Gould J., Church J.A. Elsevier Ltd, 2013, 868 p.
- Stewart R.H. Introduction to physical oceanography. Texas A & M University, 2008, 345 p.
- Tomczak M., Godfrey J.S. Regional Oceanography: An Introduction. Daya Publishing House, 2003, 390 p.
- Wunsch C. Modern Observational Physical Oceanography: Understanding the Global Ocean. Princeton U. Press, 2015, 512 pp.

*б) дополнительная литература:*

Архипкин В.С., Лазарюк А.Ю., Левашов Д.Е., Рамазин А.Н. Океанология. Инструментальные методы измерения основных параметров морской воды. М.: МАКС-Пресс, 2009, 335 с.

Грузинов В.М., Борисов Е.В., Григорьев А.В. Прикладная океанография. Обнинск: изд-во Артифлекс, 2012, 384 с.

Зубов Н.Н. Морские воды и льды. М.: Гидрометеиздат, 1938

Зубов Н.Н. Динамическая океанология. М., Л.: Гидрометеиздат, 1947

Лебедев В.Л., Сафьянов Г.А. Физическая география океанов. М.: Академия, 428 с.

Иванов А. Введение в океанографию. М.: Мир, 1978

Лакомб А. Физическая океанография. М.: Мир, 1974

Марчук Г.И., Саркисян А.С. Математическое моделирование циркуляции океана. М.: Наука, 1988

Океанология. Физика океана. Геология океана. Химия океана. Биология океана. М.: Наука, 1977 – 1980

Педлоски Дж. Геофизическая гидродинамика. Т.1,2. М.: Мир, 1984

Sarkisyan A.S., Sundermann J.E. Modelling Ocean Climate Variability. Springer Science+Business Media, 2009, 374 p.

*в) программное обеспечение, Интернет-ресурсы, профессиональные базы данных и информационные справочные системы:*

– пакеты программ для работы с картами и визуализации данных наблюдений: Golden Software Surfer, Grapher, MapViewer, Didger, ArcGis;

– языки программирования Fortran, C, Python для обработки данных наблюдения и моделирования;

– библиотеки NAG, IMSL;

– операционные системы Windows и Linux;

– Microsoft Office, Open Office;

– Matlab for Windows and Linux;

– программа для интерактивного исследования, анализа и визуализации океанографических данных Ocean Data View;

– программы для моделирования циркуляции вод, ветрового волнения, штормовых нагонов POM, BOM, SWAN, ADCIRC, ROMS;

– программа для расчета физических свойств морской воды по уравнению состояния TEOS-2010;

– единая государственная система информации об обстановке в Мировом океане <http://www.esimo.ru/index.jsp>;

– модели циркуляции в океане и атмосфере [http://stommel.tamu.edu/~baum/ocean\\_models.html](http://stommel.tamu.edu/~baum/ocean_models.html);

– термодинамическое уравнение состояния морской воды 2010 <http://www.teos-10.org/software.htm>;

– океанологические данные и их типы <http://www.nodc.noaa.gov/General/getdata.html>.

## **10. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Учебная аудитория для проведения лекций с доской для мела или фломастеров, мультимедийным проектором и доступом в Интернет.

Компьютерный класс с доступом в Интернет для проведения семинаров.

Программа одобрена на заседании кафедры океанологии.  
Протокол №533 от 27 ноября 2018 г.

Зав. кафедрой океанологии,  
член-корр. РАН, д.г.н., профессор -

С.А. Добролюбов

**Разработчик:**

Добролюбов С.А.

зав. кафедрой океанологии,  
член-корр. РАН, д.г.н., профес-  
сор

МГУ имени М.В.Ломоносова,  
географический факультет,  
кафедра океанологии

Архипкин В.С.

доцент, к.г.н.

Кондрин А.Т.

с.н.с., к.г.н.

Пантюлин А.Н.

доцент, к.г.н.

Бадюков Д.Д.

доцент, к.г.н.

**Эксперт:**

Иванов В.В.

ведущий научный сотрудник,  
д.г.н.

МГУ имени М.В.Ломоносова,  
географический факультет, ка-  
федра океанологии