

УТВЕРЖДАЮ

Директор  
Федерального государственного бюджетного  
учреждения науки Института океанологии  
им. П.П. Ширшова  
Российской академии наук,



А.В.Соков  
2021 г.

## ПРОГРАММА КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ

### 1.6.17. ОКЕАНОЛОГИЯ

#### ВВЕДЕНИЕ

Настоящая программа кандидатского экзамена по специальности 1.6.17. Океанология по географическим, техническим, физико-математическим, геолого-минералогическим и биологическим наукам основана на следующих разделах: океанологии, гидрохимии, гидробиологии и морском промысле, морской геологии, спутниковой океанологии, а также теории компьютерных сетей и баз данных.

#### 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ОКЕАНЕ

1.1. Главные направления и перспективы изучения океана. Российские, зарубежные и международные организации и учреждения, изучающие Мировой океан. Федеральные и международные программы изучения океана и его взаимодействия с атмосферой.

#### 2. МОРСКАЯ ВОДА

2.1. Морская вода как природный объект: строение, состав и физические свойства (плотность, теплоёмкость, теплопроводность, сжимаемость и электропроводность). Молекулярная структура воды в различном агрегатном состоянии; модели структуры воды.

2.2. Химический состав морской воды. Главные компоненты солевого состава, микроэлементы, растворенные газы, органическое вещество, биогенные элементы.

2.3. Свойства воды как растворителя; процесс ионизации воды.

2.4. Аномальные свойства пресной и морской воды, их объяснение; значение аномальных свойств воды в формировании природных процессов и условий жизни в морских водоемах. Температура замерзания и наибольшей плотности. Граничные значения солёности морских, солоноватых и пресных вод. Зависимость температуры замерзания (плавления) от солёности, давления.

2.5. Давление насыщенного пара. Скрытая теплота испарения. Осмотическое давление. Вязкость.

2.6. Уравнение состояния – зависимость плотности и удельного объёма от температуры, солёности, давления. Уплотнение вод при смешении.

2.7. Условия равновесия морской воды как термодинамической системы. Фазовые равновесия и фазовые переходы. Поверхностное натяжение морской воды.

2.8. Теплофизические характеристики морской воды: теплоёмкость, удельная теплота испарения и кристаллизации.

2.9. Давление. Сжимаемость морской воды. Адиабатические процессы. Потенциальная температура и плотность.

### 3. ОБМЕН ЭНЕРГИЕЙ И ВЕЩЕСТВОМ МЕЖДУ ОКЕАНОМ, АТМОСФЕРОЙ И ЛИТОСФЕРОЙ

3.1. Климатическая система Земли. Поверхности раздела (граничные поверхности) между взаимодействующими сферами.

3.2. Скин-слои, их структура и роль в процессе обмена. Поверхностные пленки. Влияние загрязнений на процессы обмена.

3.2. Внешний и внутренний обмен энергией и веществом.

3.3. Баланс тепловой энергии океана; составляющие теплового баланса; методы их наблюдений и расчетов; обмен количеством движения; виды энергии обмена и формы передачи; методы расчетов.

3.4. Пресноводный баланс океана; его составляющие; методы их наблюдений и расчетов; запасы пресной воды на земном шаре, процессы перераспределения пресной воды.

3.5. Солеобмен между океаном, атмосферой и литосферой; основные компоненты солеобмена; составляющие солевого баланса; методы их расчетов; трансформация солей в процессе обмена; формулы связи солёности с хлорностью вод.

3.6. Газообмен между океаном, атмосферой и литосферой; растворимость газов в морской воде; роль ледяного покрова в газообмене между океаном и атмосферой; основные составляющие газообмена, роль кислорода и  $\text{CO}_2$ .

3.7. Роль океана в колебаниях климата Земли. Современные глобальные изменения климата и Мировой океан. Тропические циклоны, Северо-Атлантическое колебание, Эль-Ниньо как формы крупномасштабного взаимодействия атмосферы и океана.

3.8. Обмен энергией, веществом и импульсом океана и атмосферы. Представление об изменчивости характеристик океана и атмосферы в процессе их взаимодействия.

### 4. ДВИЖЕНИЕ ВОД В ОКЕАНАХ

4.1. Подходы Лагранжа и Эйлера к описанию движения частиц жидкости. Уравнение неразрывности. Уравнения движения Эйлера и Навье-Стокса. Средние движения, флуктуации и уравнение Рейнольдса.

4.2. Системы основных океанических течений. Влияние на развитие течений неравномерности распределения скорости ветра и плотности в океанах и морях.

4.3. Геострофические течения. Понятие о баротропности и бароклинности океана. Расчет геострофических течений на поверхности океана по альтиметрическим данным. Динамический метод

4.4. Атмосферный пограничный слой, поверхностный и придонный пограничные слои в океане, их структура. Напряжение трения ветра.

4.5. Дрейфовые течения глубокого и мелкого моря, методы их расчета. Вертикальная структура течений. Экмановская спираль. Экмановская «подкачка». Апвеллинг.

4.6. Современное развитие теории течений Экмана (дрейфовые течения с учетом градиента давления). Межпассатные противотечения. Роль неоднородности ветра.

4.7. Западные течения в океанах. Теория западной интенсификации Стоммела. Приближение b-плоскости.

4.8. Термохалинная циркуляция. Водные массы. Роль Антарктического циркумполярного течения в глобальном конвейере. Модели термохалинной циркуляции. Влияние на климат.

4.9. Вихревые движения вод, механизмы их развития, роль в переносе энергии и вещества в океане. Основные характеристики вихревого движения: циркуляция, завихренность, спиральность. Фронтальные вихри. Синоптические и субмезомасштабные вихри в океане.

4.10. Приближения Буссинеска, несжимаемости, гидростатики. Геоострофическое приближение.

4.11. Уровенная поверхность океана. Периодические и непериодические колебания уровня, их причины, временные масштабы. Спутниковая альтиметрия.

## 5. ВОЛНОВЫЕ ДВИЖЕНИЯ В ОКЕАНЕ

5.1. Длинные гравитационные волны. Уравнения мелкой воды. Сейши, барические волны, штормовые нагоны. Волны цунами, их возникновение, распространение, накат на берег.

5.2. Внутренние волны; теория внутренних волн в слоистой жидкости и при непрерывной стратификации.

5.3. Внутренние волны в открытом океане и на шельфе. Спектр внутренних волн. Механизмы генерации. Методы измерений внутренних волн.

5.4. Ветровые волны: статистические и спектральные методы описания. Волнообразующие факторы и методы расчета элементов ветровых волн.

5.5. Градиентно-вихревые и гравитационные волны в океане. Радиус деформации Россби. Волны Пуанкаре, Кельвина, планетарные и топографические волны Россби.

5.6. Волны в тропической зоне. Экваториальные волны. Различные виды прибрежного захвата и соответствующие формы захваченных волн.

5.7. Ветровые волны. Зыбь. Трансформация волн у берега. Влияние волновых движений на транспорт наносов в прибрежной зоне и формирование берегов.

5.8. Причины, вызывающие волновые движения в океанах и морях, и типы морских волн. Дисперсионные уравнения. Фазовая и групповая скорости волн. Понятие о дисперсии.

5.9. Основы гидродинамической теории поверхностных гравитационных и гравитационно-капиллярных волн. Короткие и длинные волны. Линейные и нелинейные волны. Энергия волн и ее поток.

5.10. Приливы в океане. Неравенства приливов. Приливообразующие силы. Статическая и динамическая теории приливов и их современное развитие. Приливные течения. Приливы открытого океана, морей и прибрежной зоны.

## 6. ТУРБУЛЕНТНОСТЬ И ПРОЦЕССЫ ПЕРЕМЕШИВАНИЯ ВОД

6.1. Виды перемешивания вод. Ветровое и конвективное перемешивание. Конвекция в океане. Свободная и вынужденная конвекция. Проникающая конвекция.

6.2. Устойчивость вод; расчет устойчивости. Частота Вайсяля-Брента. Число Ричардсона. Роль перемешивания в формировании различных типов вод и вертикальной структуры океанов и морей

6.3. Турбулентность в океане; влияние стратификации вод на турбулентность; механизмы генерации океанской турбулентности; разномасштабная турбулентность, коэффициенты турбулентного обмена; турбулентная вязкость.

6.4. Слои скачка, их влияние их вертикальный перенос океанологических характеристик. Процессы обмена энергией и веществом через фронт.

6.5. Турбулентная диффузия тепла и примесей. Гипотеза Буссинеска, коэффициенты турбулентной диффузии. Уравнения переноса тепла и примесей.



6.6. Молекулярная вязкость. Возникновение турбулентности. Закон подобия и критерий Рейнольдса. Турбулентные напряжения Рейнольдса.

6.7. Ламинарность и переход к турбулентности. Средние и пульсационные компоненты гидродинамических величин. Правила осреднения Рейнольдса. Уравнения Рейнольдса. Проблемы замыкания.

## 7. ОПТИКА И АКУСТИКА ОКЕАНА

7.1. Гидрооптическая структура, ее связь с термохалинной структурой и взвешенными веществами в толще вод. Поглощение света (особенности спектрального распределения).

7.2. Основные гидрооптические параметры океана. Закон Бугера. Оптические свойства морской поверхности.

7.3. Звуковые волны в океане. Волновое уравнение. Подводный звуковой канал. Акустическая структура вод, ее зависимость от термохалинной структуры.

7.4. Распространение, поглощение и рассеяние звука в море. Вертикальный профиль скорости звука, рефракция и подводный звуковой канал. Звукорассеивающие слои и их связь с живыми организмами.

7.5. Закономерности распространения света в океане. Влияние световых волн на развитие жизни в океане. Оптические методы исследования океана.

## 8. ВОДНЫЕ МАССЫ И ВЕРТИКАЛЬНАЯ СТРУКТУРА ОКЕАНА

8.1. Основные закономерности формирования и изменчивости полей температуры, солености и плотности вод. Климат океана.

8.2. Причины стратификации и вертикальная структура вод океана; закономерности ее формирования. Пространственно-временная изменчивость гидрофизических полей.

8.3. Водная масса, ее основные характеристики. Трассеры водных масс. Классификация водных масс. Условия формирования и закономерности распространения основных водных масс океанов.

8.4. Современные методы выделения и анализа водных масс. Бокс-модели, статистический анализ.

8.5. Промежуточные, глубинные и придонные водные массы океанов. Водные массы окраинных и внутренних морей. Особенности структуры вод отдельных океанов.

8.6. Межокеанский «конвейер». Водные массы и меридиональный перенос тепла и пресной составляющей в океанах.

8.7. Гидрохимическая структура вод; слой основного продуцирования органического вещества, минимального содержания кислорода и относительной устойчивости гидрохимических параметров.

8.8. Фронтальные зоны Мирового океана и зоны конвергенций, их связь с вертикальной структурой океана. Классификация фронтов в океанах. Неустойчивость фронтальных разделов.

8.9. Содержание растворенного кислорода и биогенных элементов в океане. Стехиометрические отношения. Карбонатное равновесие.

8.10. Стабильные и радиоактивные изотопы в водах океана. Естественная и искусственная радиоактивность.

## 9. МОРСКОЙ ЛЕД

9.1. Процессы образования, развития и разрушения льдов в море. Физические и химические свойства морских льдов, пределы упругости и пластичности. Формы льдов. Однолетние и многолетние льды.

9.2. Деформация ледяного покрова; полыньи, трещины. Движение льдов под влиянием ветра, волн и течений.

9.3. Припай. Айсберги, очаги их образования. Влияние ледяного покрова на развитие океанологических и биологических процессов в морях.

## 10. ОКЕАНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ ОКЕАНА

10.1 Биологическая продуктивность и биомасса, их пространственно-временная изменчивость. Абиотические факторы биопродуктивности (физические, гидрохимические, геологические).

10.2. Макро и микрокомпоненты морской воды. Биогенные элементы. Эвтрофикация водоемов. Органическое вещество в океанах и морях. Особенности деструкции в водных экосистемах.

10.3. Экологические проблемы океана. Влияние антропогенных факторов на морские экосистемы и процессы обмена в океане. Процессы самоочищения в океане.

10.4. Основные виды загрязнений океана. Экологические проблемы океана. Влияние антропогенных факторов на морские экосистемы и процессы обмена в океане. Основные виды загрязнений океана. Процессы самоочищения в океане.

10.5. Геохимические процессы в Черном море, черноморский сероводород, источники, причины возникновения.

10.6. Понятие о геохимических барьерах в морской воде и биогеохимические процессы на морских поверхностях раздела.

## 11. ДИСТАНЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ОКЕАНА И СЛЕЖЕНИЕ ЗА СОСТОЯНИЕМ ЕГО ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

11.1. Дистанционные методы исследования океана. ИК- и СВЧ- радиометры, скаттерометры, альтиметры, радары бокового обзора и с синтезированием апертуры, лазерные методы зондирования океана. Визуальный анализ аэрокосмических изображений.

11.2. Принципы построения и структура океанологических информационных систем. Компьютерные атласы океана. Основные направления применения вычислительной техники в океанологии.

## 12. ПРИМЕНЕНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ В ОКЕАНОЛОГИИ

12.1. Основные этапы обработки океанографических данных: получение, хранение, корректировка, преобразование, отображение данных. Формы представления данных. Базы данных.

12.2. Использование численных методов при решении задач по изучению океана.

## 13. МОРСКИЕ БЕРЕГА

13.1. Понятие береговой зоны, вдольбереговое и поперечное перемещение донных наносов.

13.2. Процесс абразии берегов и факторы его определяющие. Аккумулятивные формы береговой зоны.

13.3. Типы берегов Мирового океана.

## ОСНОВНАЯ И ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Архипкин, В.С., Добролюбов С.А. Океанология: основы термодинамики морской воды : учебное пособие для вузов. 2-е изд., испр. и доп. — М.: Издательство Юрайт, 2019. 155 с.
2. Гилл А. Динамика атмосферы и океана. Т. 1 М.: Мир. 1986. 397 с.
3. Гилл А. Динамика атмосферы и океана. Т. 2. М.: Мир. 1986. 416 с.
4. Доронин Ю.П. Физика океана. СПб: изд. РЕЕМУ, 2000. 340 с.
5. Доронин Ю.П. Динамика океана. Л.: Гидрометеиздат, 1980, 305 с.
6. Егоров Н.И. Физическая океанография. Л.: Гидрометеиздат, 1974
7. Иванов В.А., Показеев К.В., Совга Е.Е. Загрязнение Мирового океана, М.: МГУ им. М.В.Ломоносова, физический факультет, 2006, 162 с.
8. Каган Б.А. Взаимодействие океана и атмосферы. СПб.: Гидрометеиздат, 1992. —336 с.
9. Кистович, А.В., Показеев К.В., Чаплина Т.О. Физика моря: учебное пособие для вузов. — М.: Издательство Юрайт, 2020. — 336 с.
10. Коротаев Г.К., Михайлова Э.Н., Шапиро Н.Б. Теория экваториальных противотечений в Мировом океане. К: Наук. Думка, 1986, 205 с.
11. Лайтхилл Дж. Волны в жидкостях. М.: Мир. 1981. 603 с.
12. Монин А.С. Яглом А.М. Статистическая гидромеханика. Ч 1. М.: Наука, 1965. - 639 с.
13. Педлоски Дж. Геофизическая гидродинамика. Т. 1 М.:Мир. 1984. 404 с.
14. Педлоски Дж. Геофизическая гидродинамика. Т. 2 М.:Мир. 1984. 406 с.
15. Физика океана. Т. 1. Гидрофизика океана. / Отв. ред. В.М. Каменкович, А.С. Монин. — М.: Наука, 1978. — 455 с.
16. Архипкин, В. С., Добролюбов С. А. Океанология. Физические свойства морской воды : учебное пособие для вузов. — 2-е изд., испр. и доп. — М.: Издательство Юрайт, 2020. — 216 с.
17. Бурков В. А. Общая циркуляция Мирового океана. Л.: Гидрометеиздат, 1980, 254 с.
18. Иванов В.А., Показеев К.В., Шрейдер А.А. Основы океанологии. Севастополь: НПЦ «ЭКОСИ-Гидрофизика», 2005
19. Каменкович В. М. Основы динамики океана. Л.: Гидрометеиздат, 1973, 240 с.
20. Каменкович В.М., Кошляков М.Н., Монин А.С. Синоптические вихри в океане 1982.
21. Коротаев, Г. К., Еремеев, В. Н. (2006). Введение в оперативную океанографию Черного моря. Севастополь: НПЦ «ЭКОСИГидрофизика.
22. Краус Е. Взаимодействие атмосферы и океана. Л.: Гидрометеиздат, 1976. —296 с.
23. Ле Блон П., Майсек Л. Волны в океане. Т. 1. М.: Мир. 1981. 480 с.
24. Ле Блон П., Майсек Л. Волны в океане. Т. 2. М.: Мир. 1981. 365 с.
25. Монин А.С. Введение в теорию климата. Л.: Гидрометиздат, 1982. — 248с.
26. Монин А.С., Каменкович В.М., Корт В.Г. Изменчивость Мирового океана. Л.: Гидрометеиздат, 1974
27. Монин А.С., Красицкий В.П. Явления на поверхности океана. Л.: Гидрометеиздат, 1985. —376 с.
28. Монин А.С., Озмидов Р.В. Океанская турбулентность. Л.: Гидрометеиздат, 1981.- 321 с.
29. Озмидов Р.В. Горизонтальная турбулентность и турбулентный обмен в океане. М.: Наука, 1968. — 320 с.
30. Показеев К. В., Чаплина Т. О.: Океанология. Оптика океана. М.: Издательство Юрайт, 2019. — 270 с.
31. Совга Е.Е. «Загрязняющие вещества и их свойства в природной среде» Учебное Пособие. Севастополь, Экокси-гидрофизика. 2005, 297 с.
32. Филлипс О. Динамика верхнего слоя океана. Л.: Гидрометеиздат; Издание 2-е, испр. и доп., 1980, 283 с.
33. Иванов В.А., Белокопытов В.Н. Океанография Черного моря.