

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
**«Российский государственный гидрометеорологический университет»
(РГГМУ)**

ПРОГРАММА

вступительного экзамена в аспирантуру

по специальной дисциплине

Океанология

Направление 05.06.01 «Науки о Земле»

**Санкт-Петербург
2018**

Введение

Настоящая программа охватывает следующие разделы:
Общие сведения об океане. Морская вода. Физические процессы в океане. Динамика океана. Процессы взаимодействия океана и атмосферы и их моделирование. Методы и средства гидрометеорологических измерений. Информационно-измерительные системы в океанологии. Морские прогнозы. Основы промысловой океанологии. Антропогенное загрязнение океана и атмосферы, перенос примесей, оценка концентраций и прогноз загрязнений. Основные сведения о рельефе дна океана. Природные ресурсы океана, их использование и охрана.

Общие положения.

Программа вступительного экзамена по специальной дисциплине – Океанология нацелена на то, что поступающие в аспирантуру

Должны знать основные физические, динамические, химические, геологические и биологические процессы в океане.

Должны понимать принципы и методы прогнозирования в океанологии. И значение исследования океана и его характеристик.

Должны иметь представление о современных тенденциях в методах исследований океанов и морей.

Программа вступительного экзамена по специальной дисциплине «Океанология»

1. Общие сведения об океане. Морская вода. Физические процессы в океане.

Мировой океан как составная часть географической оболочки Земли. Содержание науки об океане - океанологии; разделы океанологии; связь океанологии с другими науками о Земле. Основные этапы развития знаний об океане и методов его исследования. Российские, зарубежные и международные организации и учреждения, изучающие Мировой океан. Федеральные и международные программы изучения океана и его взаимодействия с атмосферой, криосферой, литосферой и водами суши.

Морская вода как природный объект. Молекулярная структура воды в различном агрегатном состоянии; модели структуры воды. Химический состав морской воды. Главные компоненты солевого состава, микроэлементы, растворенные газы, органическое вещество, биогенные элементы. Свойства воды как растворителя; процесс ионизации воды. Аномальные свойства пресной и морской воды, их объяснение; значение аномальных свойств воды в формировании природных процессов и условий жизни в морских водоемах. Соотношение пресных и морских вод на Земле, зоны их взаимодействия. Граничные значения солёности морских, солоноватых и пресных вод. Физические свойства морских вод. Температура. Солёность, ее определение. Давление.

Уравнение состояния. Температуры замерзания, наибольшей плотности. Теплоемкость. Теплота плавления и испарения. Вязкость. Сжимаемость. Адиабатические эффекты.

Климатическая система Земли. Гидросфера и атмосфера. Баланс тепла. Поверхности раздела (граничные поверхности) между взаимодействующими сферами. Поверхностный и придонный пограничные слои, их структура. Поверхностные пленки (скин-слои), их структура и роль в процессе обмена. Влияние загрязнений на процессы обмена. Внешний и внутренний обмен энергией и веществом. Значение балансовых оценок обмена. Баланс тепловой энергии океана; составляющие теплового баланса; методы их наблюдений и расчетов; обмен количеством движения; виды энергии обмена и формы передачи; методы расчетов. Пресноводный баланс океана; его составляющие; методы их наблюдений и расчетов; запасы пресной воды на земном шаре, процессы перераспределения пресной воды.

Водная масса, ее основные характеристики. Трассеры водных масс. Классификация водных масс. Условия формирования и закономерности распространения основных водных масс океанов. Современные методы выделения и анализа водных масс. Бокс-модели, статистический анализ. Промежуточные, глубинные и придонные водные массы океанов. Водные массы окраинных и внутренних морей. Особенности структуры вод отдельных океанов. Межконтинентальный «конвейер». Водные массы и меридиональный перенос тепла и пресной составляющей в океанах. Климатическая изменчивость характеристик водных масс. Тонкая структура гидрофизических полей, механизмы ее генерации. Гидрохимическая структура вод; слой основного продуцирования органического вещества, минимального содержания кислорода и относительной устойчивости гидрохимических параметров. Содержание растворенного кислорода и биогенных элементов в океане. Стехиометрические отношения. Карбонатное равновесие.

Перемешивание и устойчивость. Стратификация океана. Вертикальные потоки количества движения, тепла и солей. Виды перемешивания вод. Ветровое и конвективное перемешивание. Стратификация и устойчивость океана. Условия устойчивости. Энергия неустойчивости. Конвекция в океане. Свободная и вынужденная конвекция. Особенности конвекции в многокомпонентной среде. Проникающая конвекция. Уплотнение вод при перемешивании. Типы зимней вертикальной циркуляции. Роль перемешивания в формировании различных типов вод и вертикальной структуры океанов и морей. Устойчивость вод; расчет устойчивости. Частота Вьясяля-Брента. Турбулентность в океане; влияние стратификации вод на турбулентность; механизмы генерации океанской турбулентности; разномасштабная турбулентность, коэффициенты турбулентного обмена; турбулентная вязкость; турбулентная диффузия примесей в океане. Слои скачка и раздела, их влияние на вертикальный перенос океанологических характеристик. Фронтальные процессы обмена энергией и веществом.

Ледовые процессы в океане и их моделирование. Процессы образования, развития и разрушения льдов в море. Физические и химические свойства морских льдов, пределы упругости и пластичности. Формы льдов. Однолетние и многолетние льды. Расчеты нарастания и несущей способности льдов.

Деформация ледяного покрова, полыньи, трещины. Движение льдов под влиянием ветра, волн и течений. Ледовитость морей, ее сезонные и межгодовые колебания. Припай в северном и южном полушариях. Айсберги, очаги их образования. Влияние ледяного покрова на развитие океанологических и биологических процессов в морях.

2. Динамика океана

Силовые поля в океане. Уравнения движения (Эйлера, Лагранжа, Навье—Стокса, Рейнольдса). Уравнение неразрывности, уравнение гидростатики. Понятие о баротропности и бароклинности океана. Классификация течений в океане. Теории течений (Экмана, Бьеркнеса, полных потоков и др.) и их современное развитие. Влияние на развитие течений, неравномерности распределения скорости ветра и плотности в океанах и морях. Системы основных океанических течений; механизмы их развития и изменчивости. Фронтальные зоны Мирового океана и зоны конвергенций, их связь с вертикальной структурой океана. Классификация фронтальных явлений в океанах. Неустойчивость фронтальных разделов. Модель стационарного фронта. Вихревые движения вод, механизмы их развития, роль в переносе энергии и вещества в океане. Основные характеристики вихревого движения: циркуляция, завихренность, спиральность. Фронтальные вихри. Синоптические вихри в океане. Струйные течения. Течения глубокого и мелкого моря, методы их расчета. Вертикальные движения вод. Прибрежная циркуляция; зоны поднятия и опускания вод, их влияние на вертикальный обмен и интенсификацию биологической продуктивности. Придонные плотностные потоки в океане. Механика турбулентных взвесенесущих течений. Роль течений в перераспределении и трансформации энергии и вещества в океане. Методы расчетов течений и вертикальных движений в океанах и морях разной глубины.

Причины, вызывающие волновые движения вод в океанах и морях. Классификация морских волн и механизмы их развития. Характеристики волновых движений. Основы гидродинамической теории поверхностных гравитационных и гравитационно-капиллярных волн. Дисперсия, дисперсионные уравнения, фазовая и групповая скорость волн. Короткие и длинные волны. Линейные и нелинейные волны. Энергия волн и ее поток. Ветровые волны: статистические и спектральные методы описания. Зарождение и развитие ветровых волн. Волнообразующие факторы и методы расчета элементов и спектральных характеристик ветровых волн. Ветровые волны открытого океана и прибрежной зоны, их трансформация у берегов; ветровая зыбь. Длинные гравитационные волны. Уравнения мелкой воды. Длинные нерегулярные длиннопериодные волны — сейши, барические волны, штормовые нагоны. Волны цунами, их возникновение, распространение, накат на берег. Районирование побережья по степени цунамиопасности. Приливные волны в океане; приливообразующие силы. Элементы прилива. Статическая и динамическая теории приливов и их современное развитие. Приливные течения. Приливы открытого океана, морей и прибрежной зоны. Приливные карты и их анализ.

Баротропный радиус деформации Россби. Волны Пуанкаре, Свердруп и Кельвина. Градиентно-вихревые волны, планетарные и топографические волны Россби. Волны в тропической зоне. Экваториальные волны. Различные виды прибрежного захвата и соответствующие формы захваченных волн. Внутренние волны; теория внутренних волн в слоистой жидкости и при непрерывной стратификации. Внутренние волны в открытом океане и на шельфе. Спектр внутренних волн. Механизм генерации. Методы измерений внутренних волн. Влияние волновых движений на формирование берегов, транспортировка наносов, стратификацию, структуру вод и распространение живых организмов в открытом океане и в прибрежной зоне.

Уровенная поверхность океана. Периодические и непериодические колебания уровня, их причины, временные масштабы. Спутниковая альтиметрия. Влияние аномалий поля силы тяжести на отклонения уровня. Средний уровень; его значение для геодезии, картографии, мореплавания.

3. Процессы взаимодействия океана и атмосферы и их моделирование.

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. 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 диоксида углерода. Влияние обмена энергией и веществом между океаном и атмосферой на погоду и климат Земли, на развитие биохимических процессов в океане. 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.

Пограничные слои в атмосфере и океане. Система уравнений, описывающих строение пограничных слоев океана и атмосферы. Турбулентные потоки тепла, влаги и количества движения в пограничных слоях. Особенности пограничного слоя над океаном. Параметризация планетарного пограничного слоя атмосферы в моделях ОЦА и климата.

4. Методы и средства гидрометеорологических измерений. Информационно-измерительные системы в океанологии. Геоинформационные системы в океанологии, метеорологии и климатологии.

Теория гидрометеорологических измерений. Дистанционные метеорологические и океанологические приборы. Измерение температуры воздуха и воды. Измерение солёности. Измерение давления в морской воде. Измерение параметров ветра. Измерение параметров волнения. Измерение течений. Гидрометеорологические измерения экологических параметров. Дистанционные методы измерения гидрометеорологических величин. Информационно-измерительные гидрометеорологические системы. Автоматические станции и дрейфующие буи. Использование искусственных

спутников Земли для гидрометеорологических измерений. Передача гидрометеорологической информации по каналам связи. Перспективы развития гидрометеорологической измерительной техники. Информационные потоки и методы их анализа. Основные этапы обработки океанографических данных: получение, хранение, корректировка, преобразование, отображение. Формы представления данных. Базы данных. Физическая организация базы данных. Защита данных. Принципы построения и структура океанологических информационных систем. Их оптимизация. Компьютерные атласы океана.

5. Морские прогнозы.

Методологические основы прогнозирования. Основные принципы разработки методов морских гидрологических прогнозов. Предсказуемость океанологических процессов. Пределы предсказуемости. Физико-статистические методы прогноза. Численные методы прогноза. Оценка качества методов и оправдываемости прогнозов. Требования к составлению оперативных морских гидрологических прогнозов. Краткосрочные морские прогнозы и прогнозы малой заблаговременности. Прогнозы морских течений. Прогнозы уровня моря. Прогноз ветрового волнения. Прогноз температуры воды. Прогнозы ледовых явлений. Внедрение гидродинамических методов прогнозирования в оперативную практику. Современная оперативная океанография. Долгосрочные и сверхдолгосрочные морские прогнозы. Физические основы долгосрочных и сверхдолгосрочных морских прогнозов. Закономерности, используемые для долгосрочного прогнозирования. Выяснение природы цикличности в системе океан-атмосфера. Эль-Ниньо, Северо-Атлантическое колебание. Автоколебательные системы. Прогноз температуры воды. Ледовые прогнозы. Прогнозы колебания уровня моря. Прогнозы уровня Каспийского моря.

6. Основы промысловой океанологии.

Солнечная постоянная. Распределение энергии в солнечном спектре. Прямая и рассеянная радиация. Прозрачность атмосферы. Альbedo поверхности океана и суши. Фотосинтез и фотический слой. Первичная продукция в океане. Эфтрофные, мезотрофные и олиготрофные зоны океана. Единство живых организмов и среды их обитания. Возникновение и развитие экосистем океана. Формы жизни в океане (планктон, бентос, нектон, а также плейстон, нейстон, гипонейстон) и их связь со средой. Трофические цепи в океане. Биологическая продуктивность и биомасса, их пространственно-временная изменчивость. Абиотические факторы биопродуктивности (физические, гидрохимические, геологические). Прямые и косвенные связи между средой и биопродуктивностью. Гидрологические и биологические сезоны. Промысловая продуктивность океана. Видовой состав основных промысловых объектов. Распределение промысла морских организмов в Мировом океане. Биологическая структура океана, ее связь с общей вертикальной структурой океана.

7. Антропогенное загрязнение океана и атмосферы, перенос примесей, оценка концентраций и прогноз загрязнений.

Источники и стоки антропогенных загрязнений океана и атмосферы. Влияние антропогенных примесей на динамику и тепловой режим океана и атмосферы. Механизмы ответственные за концентрацию примесей в океане и атмосфере. Математическое моделирование переноса примесей в океане и атмосфере.

8. Основные положения геологии и геоморфологии дна океана

Батиграфическая кривая. Подводная континентальная окраина; континентальный склон; континентальное подножие; котловины окраинных морей; островные дуги; глубоководные желоба (впадины); ложе океана. Океанические поднятия; срединно-океанические хребты; подводные каньоны, горы, вулканы. Рельеф отдельных элементов дна океана; батиметрические карты. Береговая линия; береговые процессы, их влияние на формирование и изменчивость рельефа шельфа. Донные отложения; процессы осадкообразования и накопления осадков на дне; типа донных отложений, их характеристики; биогенные компоненты. Донные осадки как среда обитания живых организмов. Понятие о геологической истории океанов. Основные этапы развития Земли и океана.

9. Природные ресурсы, их использование и охрана. Экономика Мирового океана

Биологические ресурсы, их запасы, виды получаемой продукции, удельный вес в общем объеме питательной базы населения земного шара. Мероприятия по восстановлению и охране, воспроизводство рыбных запасов, регулирование промысла. Химические ресурсы, главные районы добычи, виды промышленной продукция. Опреснители морской воды, их использование в России и за рубежом. Минеральные ресурсы, их виды, распространение в океане, современная добыча. Топливные ресурсы, современное использование. Энергетические ресурсы; использование энергии приливов и тепла океана. Морские транспортные пути; удельный вес морских перевозок в общем грузообороте стран мира; эффективность использования рекомендованных курсов судов. Обеспечение безопасности морских промыслов и мореплавания. Служба и мероприятия по охране природной среды океанов и морей от загрязнения при добыче их ресурсов и эксплуатации флота. Использование океанов и морей в службе здоровья, морской туризм, спорт, морские курорты. Экологические проблемы океана. Влияние антропогенных факторов на морские экосистемы и процессы обмена в океане. Основные виды загрязнений океана. Процессы самоочищения в океане. Экономическое значение океана в жизни людей. Правовые аспекты деятельности в Мировом океане и эксплуатации его ресурсов.

Основная литература

- Воробьев В.Н., Смирнов Н.П. Общая океанология. Ч.2. Динамические процессы. СПб.: Изд-во РГГМУ, 1999.
- Гершанович Д.Е., Елизаров А.А., Сапожников В.В. Биопродуктивность. М.: Агропромиздат, 1990.
- Гилл А. Динамика атмосферы и океана. Т. 1, 2. М.: Мир, 1986.
- Доронин Ю.П. Физика океана. СПб.: Изд-во РГГМУ, 2002.
- Малинин В.Н. Общая океанология. Ч.1. Физические процессы. СПб.: Изд-во РГГМУ, 1998.

Дополнительная литература

- 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.
- Мамаев О.И. Физическая океанография. Избранные труды. М.: Изд-во ВНИРО, 2000.
- Моисеев П.А. Биологические ресурсы мирового океана. М.: Агропромиздат, 1981.
- Монин А.С., Озмидов Р.В. Океанская турбулентность. Л.: Гидрометеиздат, 1981.
- Абузяров З.К., Думанская И.О., Нестеров Е.С. Оперативное океанологическое обеспечение.- М., Обнинск, ИГ-СОЦИН, 2009.- 287 с.
- Ocean Forecasting. Conceptual Basis and Applications. Editors: [Nadia Pinardi](#), [John Woods](#) – Springer, 2003

Пособия

- Атлас океанов. Т. 1—3. Л.: Изд-во ВМФ СССР.
- География Мирового океана. Т. 1—6. Под ред. К.К. Маркова, А.П. Капицы.
- Океанографические таблицы. Л.: Гидрометеиздат, 1975.

Критерии оценки знаний претендентов на поступление в аспирантуру по специальной дисциплине «Океанология»

Оценка ответов претендентов на поступление в аспирантуру производится по пятибалльной шкале и выставляется оценка согласно критериям, приведенным в таблице.

Таблица

Критерии оценки ответов претендентов при поступлении в аспирантуру

Оценка	Критерии
Отлично	1. Ответы на поставленные вопросы в билете излагаются логично, последовательно и не требуют дополнительных

	<p>пояснений.</p> <p>2. Демонстрируются глубокие знания дисциплин специальности.</p> <p>3. Делаются обоснованные выводы.</p> <p>4. Ответ самостоятельный, при ответе использованы знания, приобретённые ранее.</p> <p>5. Сформированы навыки исследовательской деятельности.</p>
Хорошо	<p>1. Ответы на поставленные вопросы в билете излагаются систематизировано и последовательно.</p> <p>2. Демонстрируется умение анализировать материал, однако не все выводы носят аргументированный и доказательный характер.</p> <p>3. Материал излагается уверенно, в основном правильно даны все определения и понятия.</p> <p>4. Допущены небольшие неточности при выводах и использовании терминов.</p> <p>5. Продемонстрированы навыки исследовательской деятельности.</p>
Удовлетворительно	<p>1. Допускаются нарушения в последовательности изложения при ответе.</p> <p>2. Демонстрируются поверхностные знания дисциплин специальности.</p> <p>3. Имеются затруднения с выводами.</p> <p>4. Определения и понятия даны нечётко.</p> <p>5. Навыки исследовательской деятельности представлены слабо.</p>
Неудовлетворительно	<p>1. Материал излагается непоследовательно, сбивчиво, не представляет определенной системы знаний по дисциплине.</p> <p>2. Не даны ответы на дополнительные вопросы комиссии.</p> <p>3. Допущены грубые ошибки в определениях и понятиях.</p> <p>4. Отсутствуют навыки исследовательской деятельности.</p>

**Вопросы вступительного экзамена в аспирантуру
по специальной дисциплине «Океанология»**

1. Состав и свойства морской воды. Соленость.
2. Теплофизические характеристики морской воды и морского льда.

3. Плотность. Удельный объем. Уравнение состояния морской воды. Уплотнение при смешении. Потенциальная температура и потенциальная плотность.
4. Составляющие теплового баланса океана
5. Методы и аппаратура измерений солёности морской воды.
6. Температура наибольшей плотности, температура замерзания. Особенности осенней конвекции в солоноватых и морских водах.
7. Осенне-зимняя конвекция. Схема расчета Зубова.
8. Формирование вертикальной структуры распределения температуры и солёности в море.
9. Формирование водных масс в океане. TS – анализ.
10. Образование и нарастание морского льда.
11. Плотностная устойчивость в море. Характеристики плотностной устойчивости.
12. Аппаратура и методы измерения температуры морской воды.
13. Особенности турбулентности в океане. Методы ее описания.
14. Осредненные уравнения движения.
15. Осредненное уравнение переноса тепла.
16. Осредненное уравнение переноса солей.
17. Оптические характеристики океана.
18. Дрейф ледяного покрова.
19. Дрейф одиночной льдины.
20. Акустические характеристики океана.
21. Основные особенности внутренних волн.
22. Формирование приливов в океане и морях.
23. Методы измерения характеристик волнений.
24. Поверхностные длинные волны.
25. Поверхностные короткие волны.
26. Вертикальная структура ветровых течений в море.
27. Природа и особенности прибрежного апвеллинга.
28. Уравнение переноса вихря.
29. Уравнение стационарной циркуляции в море.
30. Теория Экмана.
31. Уравнения движения для полных потоков.
32. Уравнения движения и неразрывности для морской воды.
33. Водные массы океана.
34. Предсказуемость океанологических процессов.
35. Оценка точности и оправдываемости прогнозов элементов режима морей и океана.
36. Закономерности, использующиеся для краткосрочного прогнозирования океанологических характеристик.
37. Закономерности, использующиеся для долгосрочного прогнозирования океанологических характеристик.