

Программа специальности «Океанология»

Введение

Настоящая программа основана на следующих разделах: океанологии, гидрохимии, гидробиологии и морском промысле, морской геологии, спутниковой океанологии, а также теории компьютерных сетей и баз данных. Программа разработана экспертным советом Высшей аттестационной комиссии Министерства образования Российской Федерации по наукам о Земле при участии МГУ им. М.В. Ломоносова.

1. Общие сведения об 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. 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, криосферой, литосферой и водами суши. Важнейшие отечественные и зарубежные фундаментальные труды, и периодические издания по проблеме изучения океана.

2. Морская вода

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.

3. Обмен энергией и веществом между океаном, атмосферой и литосферой

Климатическая система Земли. 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. 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.

4. Движение вод в океане

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.

5. Волновые движения в океане

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 длинопериодные 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.

6. Турбулентность и процессы перемешивания вод

Виды перемешивания вод. Ветровое и конвективное перемешивание. 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 Вьяйсяля-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.

7. Уровень океанов и морей

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.

8. Оптика и акустика океана

Акустическая структура вод, ее зависимость от термохалинной структуры. Волновое уравнение. Геометрия звуковых волн в неоднородных средах. Условия распространения звука в океане. Скорость звука в воде; рефракция, поглощение и рассеяние звука. «Звуковой канал», его значение для распространения звука. Звукорассеивающие слои и их связь с живыми организмами. Шумы океана (тепловые, динамические, подледные, технические, биологические и др.). Гидролокация. Акустические методы исследования океана. Баланс световой энергии; его составляющие; методы их наблюдений и расчетов; роль световой энергии в океане. Гидрооптическая структура, ее связь с термохалинной структурой и взвешенными веществами в толще вод. Основные гидрооптические параметры океана. Оптические свойства морской поверхности. Закономерности распространения света в океане. Влияние световых волн на развитие жизни в океане. Оптические методы исследования океана.

9. Водные массы и вертикальная структура океана

Основные закономерности формирования и изменчивости полей температуры, солености и плотности вод. Климат океана. Причины стратификации и вертикальная структура вод океана; закономерности ее формирования. Пространственно-временная изменчивость гидрофизических полей.

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. Межокеанский «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. Стабильные и радиоактивные изотопы в водах океана. Роль океана в геохимических циклах основных элементов.

10. Морской лед

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.

11. Районирование Мирового океана

Принципы районирования океана. Номенклатура и классификация подразделений океана. Комплексная океанологическая характеристика подразделений океана. Моря России, их хозяйственное значение, перспективы хозяйственного использования. Научные учреждения и организации, занимающиеся исследованием и практическим освоением морей России.

12. Морская геология

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.

13. Океанологические основы биологической продуктивности океана и океанический промысел

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.

14. 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.

15. Дистанционные методы исследования океана и слежение за состоянием его природной среды

Дистанционные методы (самолетно-вертолетные, спутниковые). Бортовая аппаратура, ее назначение. ИК-радиометры, СВЧ, локаторы бокового обзора, лазерные методы зондирования океана. Визуальные наблюдения с борта летающих аппаратов. Дистанционные измерения в интересах океанологии, метеорологии, геологии, изучения природных ресурсов океана, охраны природной среды океана, геодезии и картографии. Спутниковое обеспечение мореплавания и связи. Понятие о геофизических информационных системах и их использовании для изучения Мирового океана и освоения его ресурсов.

16. Применение вычислительной техники в океанологии

Исходные данные, информационные потоки и методы их анализа. Основные этапы обработки океанографических данных: получение, хранение, корректировка, преобразование, отображение. Формы представления данных. Базы данных. Объекты, отношения, свойства. Архитектура систем баз данных, ее уровни. Реляционные базы данных. Проектирование баз данных. Физическая организация базы данных. Защита данных.

Принципы построения и структура океанологических информационных систем. Их оптимизация. Компьютерные атласы океана. Основные направления применения вычислительной техники в океанологии. Использование численных методов при решении задач по изучению океана.

Основная литература

- Архипкин В.С., Добролюбов С.А. Основы термодинамики морской воды. М.: Диалог — МГУ, 1998.
- 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. Биопродукты внось. 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.
- Залогин Б.С., Косарев А.Н. Моря. М.: Мысль, 1999.
- Кононова Г.Е., Показеев К.В. Динамика морских волн. М.: Изд-во МГУ, 1985.
- Лебедев В.Л. Граничные поверхности в океане. М.: Изд-во МГУ, 1986.
- Малинин В.Н. Общая океанология. Ч.1. Физические процессы. СПб.: Изд-во РГГМУ, 1998.
- Мамаев О.И. Физическая океанография. Избранные труды. М.: Изд-во ВНИРО, 2000.
- 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.
- Степанов В.Н. Океаносфера. М.: Мысль, 1983.

Дополнительная литература

- Бурков В.А. Общая циркуляция Мирового океана. Л.: Гидрометеоиздат, 1980.
- Ле Блон П., Майсек Л. Волны в океане. Ч. 1, 2. М.: Мир, 1981.
- Леонтьев О.К. Морская геология. М.: Высш. школа, 1982.
- Моисеев П.А. Биологические ресурсы мирового океана. М.: Агропромиздат, 1981.
- Монин А.С., Озмидов Р.В. Океанская турбулентность. Л.: Гидрометеоиздат, 1981.
- Пособия
- Атлас океанов. Т. 1—3. Л.: Изд-во ВМФ СССР.
- География Мирового океана. Т. 1—6. Под ред. К.К. Маркова, А.П. Копицы.
- Океанографические таблицы. Л.: Гидрометеоиздат, 1975.
- Обработка данных океанографической станции. Севастополь: ЮНЕСКО — МГИ, 1993