

МИНИСТЕРСТВО ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ И ЭКОЛОГИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ И МОНИТОРИНГУ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ  
(Росгидромет)

Федеральное государственное бюджетное учреждение  
«АРКТИЧЕСКИЙ И АНТАРКТИЧЕСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ»  
(ФГБУ «АНИИ»)



УТВЕРЖДАЮ

Директор  
проф. РАН

А.С. Макаров

20 25 г.


**ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ ПО ПРОФИЛЬНОЙ  
ДИСЦИПЛИНЕ, ПРОВОДИМОГО  
ФГБУ «АНИИ» САМОСТОЯТЕЛЬНО  
ДЛЯ ПОСТУПАЮЩИХ НА ПРОГРАММЫ ПОДГОТОВКИ НАУЧНЫХ И  
НАУЧНО-ПЕДАГОГИЧЕСКИХ КАДРОВ В АСПИРАНТУРЕ**

**по группе научных специальностей 1.6. - Науки о Земле и окружающей среде**

Согласовано:

Раздел по профильной дисциплине  
Гидрология суши,  
водные ресурсы, гидрохимия

Заведующий отделом  
гидрологии устьев рек  
и водных ресурсов

  
М.В. Третьяков

Раздел по профильной дисциплине  
Океанология

Заместитель директора  
по научной работе

  
И.М. Ашик

Раздел по профильной дисциплине  
Науки об атмосфере и климате

Главный научный сотрудник  
отдела взаимодействия  
океана и атмосферы

  
А.П. Макшас

Санкт-Петербург

Программа вступительного испытания по профильной дисциплине предназначена для поступающих на обучение по программе подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре федерального государственного бюджетного учреждения «Арктический и антарктический научно-исследовательский институт» по группе научных специальностей 1.6. - Науки о Земле и окружающей среде.

## **1. Раздел - «Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия»**

### **1.1. Основы гидрологии суши**

Предмет гидрологии. Деление гидрологии на разделы и связь ее с другими науками о Земле. Значение воды в природе и в жизни человека. Краткая история развития гидрологии. Основные этапы изучения рек и озер на территории России. Запасы воды на Земле. Понятие о гидросфере. Основные сведения об океанах, морях, крупнейших озерах и реках, оледенении горных районов и полярных стран. Круговорот воды на земном шаре. Влагооборот и баланс влаги в атмосфере. Водный баланс земного шара, Арктики и Антарктики.

Время возобновления различных природных вод в процессе круговорота воды. Ежегодно возобновляемые водные ресурсы и их значение в хозяйственной деятельности человека. Водные ресурсы территории России в целом и наиболее крупных экономических регионов. Дефицитные по воде районы. Особенности водных ресурсов Российского Севера и Арктики. Значение воды в развитии отдельных отраслей народного хозяйства. Современное водопотребление и его возможное изменение в ближайшей перспективе.

Основные водохозяйственные проблемы России. Регулирование речного стока путем строительства водохранилищ. Развитие мелиорации и гидроэнергетики. Проблемы рационального использования и охраны водных ресурсов. Методы и организация гидрологических наблюдений и исследований. Федеральная служба России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет), ее структура и роль в гидрологическом обеспечении различных отраслей народного хозяйства.

### **1.2. Основные физические свойства воды, снега и льда**

Вода как вещество, ее молекулярная структура и изотопный состав. Физические свойства воды. Плотность воды и ее аномалии. Теплоемкость. Теплопроводность. Вязкость и внутреннее трение. Поверхностное натяжение. Агрегатные состояния воды и фазовые переходы. Удельная теплота плавления и парообразования льда. Физико-механические свойства льда. Факторы, обуславливающие структуру льда, его прочность, теплоемкость и теплопроводность. Физические свойства снега. Структура и плотность. Теплоемкость и теплопроводность. Влагоемкость снега. Радиационные свойства снежного покрова.

### 1.3. Река и ее бассейн

Распределение рек на Земном шаре. Типизация рек по различным признакам.

Водосбор и бассейн реки. Морфометрические характеристики речных бассейнов. Гидрографическая и речная сеть бассейнов. Речная долина и ее элементы. Речное русло и его морфометрические характеристики. Продольный профиль реки. Структура и густота речной сети. Изменение основных характеристик притоков в зависимости от их порядка.

Понятие о режимах движения жидкости. Движение воды в реках. Формула Шези. Турбулентность русловых потоков. Число Рейнольдса. Спокойные и бурные потоки. Число Фруда. Распределение осредненных скоростей течения по вертикали и по живому сечению. Циркуляционные течения в русловом потоке. Зависимость скорости течения от уклона и шероховатости русла. Связь расходов и уровней воды (кривые расхода). Изменение гидравлических элементов руслового потока в зависимости от уровня воды. Понятие об установившемся и неустановившемся движении воды.

Питание рек: дождевое, снеговое, подземное, ледниковое. Расчленение гидрографа реки по видам питания. Фазы водного режима: половодье, паводки, межень.

Классификации рек по источникам питания и водному режиму (классификации М.И. Львовича и Б.Д. Зайкова). Гидрологическое районирование территории России.

Атмосферные осадки как фактор формирования речного стока. Расчетные характеристики осадков в речном бассейне и способы их определения. Снежный покров и его основные характеристики. Снегомерные съемки. Запас воды в снежном покрове на территории России. Интенсивность снеготаяния и способы ее расчета. Водоотдача снежного покрова. Ледники как источник питания рек тальными водами.

Испарение с водной поверхности, способы измерения и расчета. Испарение снега. Испарение с почвы. Транспирация растительного покрова. Суммарное испарение с поверхности бассейна и способы его расчета; среднее многолетнее значение суммарного испарения на территории России. Применение метода теплового баланса для расчета испарения.

Инфильтрация дождевой воды в почву. Инфильтрация талой воды в мерзлую почву; роль льдистости и температуры почвы. Потери воды на инфильтрацию при формировании дождевых паводков и снегового половодья. Задержание воды на поверхности бассейна в бессточных углублениях и его роль в формировании паводков.

Взаимодействие поверхностных и подземных вод. Типы взаимодействия речных и грунтовых вод. Роль подземных вод в питании рек.

Устья рек, их классификация и районирование. Гидрологические процессы в устьях рек. Формирование эстуариев и дельт, особенности их гидрологического режима. Динамическое взаимодействие и смешение вод реки и моря.

Особенности гидрологических процессов и режима в устьевых областях рек Арктики.

Региональные особенности гидрологического режима в бассейнах рек арктической зоны.

#### **1.4. Водный баланс речного бассейна и реки**

Уравнение водного баланса бассейна за многолетний период, гидрологический год, сезон и за периоды паводка и половодья. Уравнение водного баланса речной системы и участка реки. Руслловые запасы воды и способы их расчета.

Изменения водного баланса бассейна, вызываемые наличием леса, болот и хозяйственной деятельностью человека. Методы количественной оценки влияния хозяйственной деятельности на элементы водного баланса.

#### **1.5. Речной сток. Методы его расчетов и прогнозов**

Составляющие речного стока. Методы исследований речного стока. Цикличность в многолетних колебаниях годового стока и их причины. Средний многолетний годовой сток (норма стока). Методы и точность его определения при наличии данных гидрометрических наблюдений за стоком. Метод географической интерполяции характеристик стока. Карты нормы стока. Влияние зональности и высотной поясности физико-географических факторов на распределение нормы стока; азональные факторы стока и их учет при определении нормы стока. Приток речных вод северных и сибирских рек в арктические моря.

Применение теории вероятностей к анализу многолетних колебаний годового стока и к расчетам значений его различной обеспеченности. Используемые в этих расчетах типы кривых распределений, параметры кривых и точность их определения. Формулы для вычисления коэффициента вариации годового стока при отсутствии данных наблюдений о расходах воды.

Внутригодовое распределение стока. Зависимость его от климатических факторов и аккумуляции воды в бассейне реки. Основные черты сезонного распределения стока на территории России. Влияние леса, болот, озер и многолетней мерзлоты почвогрунтов.

Методы прогнозов месячного и квартального стока рек по данным о запасах и распределении воды в русловой сети бассейна, а также притоке воды в нее.

Весеннее половодье на равнинных реках и его факторы. Потери талой воды за время снеготаяния на инфильтрацию, испарение и поверхностное задержание. Основные характеристики весеннего половодья на равнинных реках России и в низовьях крупных северных и сибирских рек. Влияние леса на половодье. Методы расчета максимального расхода воды половодья при наличии и отсутствии данных наблюдений за стоком.

Долгосрочные прогнозы стока за период весеннего и весенне-летнего половодья равнинных и горных рек. Прогноз притока воды в водохранилища крупных ГЭС.

Дождевые паводки. Связь между продолжительностью, интенсивностью и повторяемостью ливней; связь между интенсивностью и площадью выпадения

ния ливня. Способы расчета интенсивности ливней различной вероятности превышения. Способы расчета потерь дождевых вод за время формирования паводка.

Современные методы математического моделирования процессов формирования речного стока. Основы моделирования формирования стока на водосборе с сосредоточенными и распределенными параметрами.

Меженный и минимальный сток и его факторы. Методы расчеты стока рек в маловодный период года при наличии и отсутствии данных гидрометрических наблюдений. Пересыхание и перемерзание рек. Особенности зимнего стока на зональных и транзитных реках Арктики.

### **1.6. Речные наносы и русловые процессы**

Склоновая и русловая эрозия. Образование и состав наносов, механизм взвешивания наносов. Гидравлическая крупность наносов. Теории движения взвешенных наносов. Закономерность распределения наносов в речном потоке. Транспортирующая способность потока. Влекомые наносы и механизм их движения. Методы измерения наносов на гидрологических станциях.

Расход и сток взвешенных наносов и способы их определения. Изменения стока наносов от года к году и от сезона к сезону. Сток наносов в периоды паводков и половодья. Карта мутности рек России. Расход влекомых наносов, движение песчаных гряд. Влияние хозяйственной деятельности на сток наносов. Расчет занесения и заиления водохранилищ.

Русловой процесс. Гидравлический и геоморфологический подходы к его изучению. Макро-, мезо- и микроформы транспорта наносов и речного русла. Типизация русловых процессов. Понятие о знакопеременных (обратимых) и направленных (необратимых) русловых деформациях. Русла прямолинейные, извилистые, разветвленные на рукава. Плесы и перекаты. Сезонные деформации перекатов. Пойма и ее гидравлические характеристики; типизация пойм.

Влияние на русловой процесс естественных и антропогенных изменений стока воды и наносов, изменение общего базиса эрозии.

Количественные характеристики руслового процесса разных типов. Гидролого-морфометрические зависимости. Учет руслового процесса при строительном проектировании.

Устойчивость русла и ее количественные показатели. Устьевые области рек. Особенности водного и руслового режима устьев рек. Смешение речных и морских вод, процессы дельтообразования.

### **1.7. Термика и ледовый режим рек**

Термика рек. Основные черты термического режима рек России и его связь с климатом и источниками питания рек. Уравнение теплового баланса участка реки; основные составляющие баланса и способы их расчета. Термические условия появления плавучего льда. Образование внутриводного льда, шуги. Процесс установления ледостава. Нарастание ледяного покрова. Методика расчета толщины льда. Внутриводный лед, зажоры. Процессы таяния, разруше-

ния ледяного покрова на реках, тепловой и механический факторы вскрытия рек. Ледоход. Особенности вскрытия больших рек, текущих с юга на север и с севера на юг. Заторы льда. Краткосрочные прогнозы ледовых явлений на реках. Долгосрочные прогнозы сроков замерзания и вскрытия рек.

### **1.8. Озера и водохранилища**

Происхождение и форма озерных котловин. Крупнейшие сточные и бессточные озера мира. Типы формы ложа водохранилищ, их полезный и полный объем. Основные морфометрические характеристики водоемов и методы их определения. Батиграфические кривые озер и водохранилищ.

Уравнение водного баланса водоема за многолетний период, год, месяц. Основные составляющие этого баланса и способы его расчета. Водообмен водоемов. Многолетние и сезонные колебания уровня воды в озерах. Особенности его колебаний в водохранилищах различного назначения и типа регулирования стока.

Уравнение теплового баланса водоема, основные его составляющие и способы их расчета. Термический режим озер в условиях умеренного климата. Стратификация. Конвективное перемешивание водной толщи, упорядоченное перемешивание озер. Замерзание озер и водохранилищ. Таяние ледяного покрова, дрейф и разрушение льда.

Прозрачность, цвет и мутность воды. Баланс взвешенных веществ. Формирование донных отложений и их классификация. Формирование берегов и заиление водохранилищ.

Понятие о водных массах озер и водохранилищ. Круговорот биогенных и органических веществ в водоемах и роль в нем водных организмов. Газовый режим озер и водохранилищ.

Влияние озер, водохранилищ и прудов на водный, тепловой, химический сток рек. Воздействие хозяйственной деятельности на гидрологический и химический режим озер и водохранилищ.

### **1.9. Гидрология болот**

Образование болот и заболоченность территорий. Развитие болот, понятие о болотном массиве. Строение торфяных болот, их типы. Водный баланс болот, их тепловой и водный режим. Влияние болот и их осушения на речной сток.

### **1.10. Гидрохимия поверхностных вод, контроль качества воды и сток растворенных веществ**

Химический состав природных вод. Характеристика компонентов состава природных вод: растворенные газы, ионы водорода, главные ионы, органические вещества, биогенные элементы, микроэлементы.

Основные факторы формирования химического состава природных вод. Классификация поверхностных вод по минерализации и химическому составу.

Пространственно-временная неоднородность химического состава речных вод. Классификация рек по типам гидрохимического режима О.А. Алекина. Качество воды водотоков и водоемов. Его нормирование. Система ПДК для пресных водных объектов.

Загрязнение водотоков и водоемов. Источники и возможные пути поступления загрязнения в водные объекты. Группы загрязняющих веществ (ЗВ) и их показатели. Классификация ЗВ по виду воздействия на водную экосистему. Характеристика наиболее опасных ЗВ. Химический состав сточных вод, образующихся от различных видов хозяйственной деятельности. Особенности химического загрязнения пресноводных объектов Арктики.

Гидрохимические исследования на водных объектах. Методы и организация гидрохимических наблюдений и исследований. Стационарные, специальные и экспедиционные наблюдения. Основные принципы размещения пунктов наблюдения за качеством воды на сети ОГСНК. Программа и сроки наблюдений. Методы химического анализа природных вод.

### **1.11. Гидроэкология**

Общие принципы и понятия гидроэкологии. Возникновение и развитие гидроэкологии. Системный подход как методологическая база гидроэкологии. Наблюдение, эксперимент, моделирование. Изучения водных экосистем, взаимодействие абиотических и биотических компонентов этих систем, методов оценки экологически значимых гидрологических и гидрохимических характеристик. Методы учета гидробионтов, анализ количественных данных и изучение факторов среды.

Гидросфера и ее население. Жизненные формы гидробионтов. Континентальные водоемы (реки, эстуарии, озера) и их население.

Структура и функционирование гидробиоценозов. Продуценты, консументы, редуценты. Трофические связи и уровни. Трансформация веществ и энергии. Функциональные особенности популяций водных организмов. Биогеохимические циклы.

Экологические аспекты проблемы качества вод и охраны водных экосистем. Загрязнение водоемов. Антропогенное эвтрофирование. Проявления и причины антропогенного эвтрофирования. Термофикация водоемов. Биологическое самоочищение и формирование качества воды. Минерализация органического вещества.

Биоиндикация качества вод и рациональное использование водных ресурсов. Токсикологический контроль. Гидробиологический мониторинг. Принципы и критерии оценки экологических последствий антропогенного воздействия на гидробиоценозы поверхностных вод суши.

### **1.12. Рациональное использование и охрана водных ресурсов**

Водное законодательство России. Основные положения и принципы Водного кодекса РФ. Водные объекты общего пользования, права граждан при их использовании. Управление в области использования и охраны водных ресурсов. Бассейновый принцип управления водных объектов.

Государственный водный кадастр (ГВК) – систематизированный свод сведений о водных ресурсах СССР и РФ. Видовые подсистемы ГВК и их структура.

Государственный мониторинг водных объектов: система наблюдений, оценка и прогноз изменения состояния водных объектов. Цели и структура государственного мониторинга водных объектов.

Государственный водный реестр: цели и структура. Порядок создания и использования государственного водного реестра.

Водопользование: цели и виды. Водопотребители и водопользователи. Требования к использованию водных объектов для различных целей: для питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения, для сброса сточных вод, для водохранилищ, для производства электроэнергии, для водного и воздушного транспорта, для сплава древесины, для лечебных и оздоровительных целей, для рыболовства и охоты, для пожарной безопасности. Использование водных объектов в местах традиционного проживания и традиционной хозяйственной деятельности коренных малочисленных народов Севера, Сибири и Дальнего Востока РФ.

Основные требования к охране водных объектов. Охрана водных объектов от загрязнения и засорения. Водоохранные зоны и их границы для различных водных объектов (рек, озер, водохранилищ, морей, каналов). Прибрежные защитные полосы и их ширина. Особо охраняемые водные объекты и их статус

### 1.13. ЛИТЕРАТУРА:

1. Арсеньев Г.С. Основы управления гидрологическими процессами: водные ресурсы. – СПб, 2005.
2. Бабкин В.И. Речной сток и циклоническая деятельность в бассейнах Оби, Енисея и Лены. – М: Научный мир, 2017.
3. Барышников Н. Б. Руслые процессы. – СПб: изд. РГГМУ, 2008.
4. Богословский Б.Б. и др. Общая гидрология. – Л: Гидрометеиздат, 1984
5. Винников С.Д., Викторова Н.В. Физика вод суши. – Л: изд. РГГМУ, 2009.
6. Владимиров А.М. Гидрологические расчеты. – Л: Гидрометеиздат, 1990.
7. Владимиров А.М., Орлов В.Г. Охрана и мониторинг поверхностных вод суши. – СПб, изд. РГГМУ, 2009.
8. Водный кодекс Российской Федерации.
9. Георгиевский Ю.М., Шаночкин С.В. Гидрологические прогнозы. – СПб, изд. РГГМУ, 2007.
10. Догановский А.М., Малинин В.Н. Гидросфера Земли. – СПб, Гидрометеиздат, 2004.
11. Карасев И.Ф., Васильев А.В., Субботина Е.С. Гидрометрия. - Л: Гидрометеиздат, 1991.
12. Караушев А.В. и др. Методические основы оценки и регламентирования антропогенного влияния на качество поверхностных вод. – Л: Гидрометеиздат, 1987.



13. Кузин П.С., Бабкин В.И. Географические закономерности гидрологического режима рек. – Л: Гидрометеиздат, 1979.
14. Методические рекомендации по определению расчетных гидрологических характеристик при наличии данных гидрометрических наблюдений. – Нижний Новгород, Вектор-ТиС. 2007.
15. Методические рекомендации по определению расчетных гидрологических характеристик при отсутствии данных гидрометрических наблюдений. – СПб, «Нестор-История», 2009.
16. Методические рекомендации по определению расчетных гидрологических характеристик при недостаточности данных гидрометрических наблюдений. – СПб, 2007.
17. Методические рекомендации по оценке однородности гидрологических характеристик и определению их расчетных значений по неоднородным данным. – СПб, изд. «Нестор-История», 2010.
18. Михайлов В. Н., Добровольский АД. Общая гидрология. – М: Высшая школа, 2005.
19. Никаноров А.М. Гидрохимия. – Л: Гидрометеиздат, 1989.
20. Определение основных расчетных гидрологических характеристик. СП 33-101-2003. – М, 2004.
21. Рождественский А.В., Чеботарев А.И. Статистические методы в гидрологии. – Л: Гидрометеиздат, 1974.
22. Сикан А.В. Методы статистической обработки гидрометеорологической информации. – СПб: изд. РГГМУ, 2007.
23. Федеральный закон «Об охране окружающей природной среды» № 7-ФЗ от 10.01.02
24. Чеботарев А.И. Общая гидрология. – Л: Гидрометеиздат, 1975.
25. Алексеевский Н.И. Гидрофизика. М.: Академия, 2006.- 171 с.
26. Богословский Б.Б. Озероведение. М.: Изд-во МГУ, 1960.
27. Винников С.Д., Проскураков Б.В. Гидрофизика (физика суши). – Л.: Гидрометеиздат, 1988. – 248 с.
28. Евстигнеев В.М. Речной сток и гидрологические расчеты. М.: Изд-во МГУ, 1990.
29. Маккавеев Н.И., Чалов Р.С. Русловые процессы М.: Изд-во МГУ, 1986.
30. Михайлов В.Н. Гидрология устьев рек. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1998. – 176 с.
31. Михайлов В.Н., Добровольский А.Д., Добролюбов С.А. Гидрология. – М.: Высшая школа, 2005. – 463 с.
32. Определение основных расчетных гидрологических характеристик. СП 33-101-2003. Госстрой России. – М., 2004.
33. Руководство по гидрологическим прогнозам. 1989. Вып. 1, 2, 3. Л.: Гидрометеиздат.
34. Цветкова Л.И. др. Экология. – М.: Изд-во АСВ, СПб.: Химиздат, 2001. – 552 с.

## ЛИТЕРАТУРА ПО ПОЛЯРНЫМ ОБЛАСТЯМ

1. Атлас Арктики. – М.: ГУ геодезии и картографии, 1985. – 204 с.
2. Брызгалов В.А., Иванов В.В., Замятин В.Ю., Макеев В.М. Чрезвычайные экологические ситуации в районах Российского Севера. – СПб.: ГПА, 2004. – 82 с.
3. Мировой водный баланс и водные ресурсы Земли. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 638 с. (разделы Арктика и Антарктика).
4. Никаноров А. М., Иванов В.В., Брызгалов В.А. Реки российской Арктики в современных условиях антропогенного воздействия – Ростов-на-Дону: Изд-во НОК, 2007. – 280 с.

## 2. Раздел - «Океанология»

### 2.1. Общая и региональная океанология

2.1.1. Мировой океан и океанические бассейны. Рельеф дна, грунты. Северный Ледовитый океан. Его водообмен с соседними морями.

2.1.2. Уровень Мирового океана. Колебания уровня, основные причины и закономерности распределения колебаний уровня. Особенности уровня режима Северного Ледовитого океана и его морей.

2.1.3. Температура, соленость и плотность воды в Мировом океане. Особенности их вертикального и горизонтального распределения. Термоклин, халоклин и пикноклин и причины их формирования. Особенности распределения температуры, солености и плотности воды в Северном Ледовитом океане и в арктических морях.

2.1.4. Водные массы океанов и морей. Определение, классификация, методы анализа. Гидрологические фронты. Перемешивание вод. Структурные зоны. Водные массы Северного Ледовитого и Южного океанов.

2.1.5. Волны в морях и океанах. Классификация волн по различным признакам. Ветровые волны и расчеты их параметров. Цунами, сейши, барические волны. Приливные волны. Классификация приливов. Гармонический анализ приливов. Внутренние волны. Волны в Северном Ледовитом океане и арктических морях.

2.1.6. Морские течения. Причины течений. Классификация течений. Синоптические вихри. Общая циркуляция Мирового океана. Циркуляция вод Северного Ледовитого океана. Циркуляция в Южном океане. Основные течения Мирового океана.

2.1.7. Льды в море. Возрастные стадии льда. Характеристики ледяного покрова (сплоченность, торосистость, разрушенность и др.). Ледовитость, изменения ледовитости, ледовый баланс. Дрейф льда в северном ледовитом океане и его морях. Льды Южного океана. Влияние ледяного покрова на практическую деятельность на морях. Методы наблюдений за льдами. Основы ледовых прогнозов.

2.1.8. Тепловой баланс моря. Составляющие теплового баланса. Влияние льдов на тепловой баланс.

2.1.9. Изменчивость Мирового океана. Различные масштабы изменчивости и их классификация. Синоптическая изменчивость в океане, сезонные колебания, межгодовая изменчивость. Климатические колебания. Изменчивость гидрологического режима Северного Ледовитого океана и его морей.

## **2.2. Физика океана**

2.2.1. Молекулярное строение воды. Физические свойства и аномалии воды.

2.2.2. Основные положения термодинамики океана. Морская вода как двухкомпонентный раствор. Уравнение состояния морской воды. Термодинамические параметры морской воды.

2.2.3. Уравнения сохранения. Уравнения изменения энтропии и теплосодержания.

2.2.4. Турбулентность в океане. Влияние стратификации на турбулентность. Тонкие структуры вод в океане. Механизмы генерации океанской турбулентности. Коэффициенты турбулентного обмена. Турбулентная диффузия в океане.

2.2.5. Оптика моря. Поглощение и рассеяние света морской водой. Прохождение света через поверхность моря. Подводная облученность и яркость светового поля в океане. Цвет моря.

2.2.6. Акустические свойства морских вод. Акустические волны, волновое уравнение, типы акустических волн, распространение и поглощение акустических волн. Скорость звука в океане. Волноводное распространение звука, морские шумы.

2.2.7. Физические свойства морского льда. Образование и рост кристаллов, фазовый состав морского льда. Теплофизические и механические свойства морского льда. Нарастание и таяние льда. Поведение льда под нагрузкой.

## **2.3. Динамика океана**

2.3.1. Волновые движения в океане. Теория гравитационных поверхностных волн малой амплитуды. Волны мелкого и глубокого моря. Генерация волн ветром. Разрушение волн. Статистические закономерности волнения.

2.3.2. Внутренние волны в океане. Уравнения теории внутренних волн. Генерация внутренних волн. Статистические свойства внутренних волн.

2.3.3. Приливные волны. Приливный потенциал. Статическая и динамическая теория приливов. Численные методы расчета приливов.

2.3.4. Уравнения движения морской воды. Упрощения основных уравнений. Приближение Буссинеска.

2.3.5. Теория ветровых течений в однородном океане. Дрейфовые и градиентные течения.

2.3.6. Стационарная термохалинная циркуляция в океане. Геострофические течения. Вертикальная циркуляция.

2.3.7. Нестационарные течения. Баротропная и бароклинная неустойчивость.

2.3.8. Дрейф морского льда. Силы, влияющие на движение льда. Стационарный и нестационарный дрейф. Движение дрейфующего льда под влиянием приливов.

## **2.4. Взаимодействие океана и атмосферы**

2.4.1. Приводный слой атмосферы над морем и микровзаимодействие атмосферы с водной поверхностью. Потоки между океаном и атмосферой.

2.4.2. Планетарный пограничный слой и верхний деятельный слой океана. Мезомасштабное взаимодействие океана и атмосферы. Модели пограничного слоя.

2.4.3. Глобальное взаимодействие океана и атмосферы. Источники и стоки тепла. Численное моделирование крупномасштабного взаимодействия.

2.4.4. Взаимодействие океана и атмосферы с учетом ледяного покрова. Теплообмен через лед. Равновесная толщина льда. Трансформация воздуха над льдом. Роль разводий в теплообмене океана с атмосферой в Арктическом бассейне.

### **ЛИТЕРАТУРА:**

1. Кистович А.В., Показеев К.В. Физика моря: учеб. пособие / Изд Моск. гос. ун-т им. М.В.

Ломоносова, Физ. фак. – Москва: Макс пресс, 2011. – 244 с.

2. Кошляков М.Н. Тараканов Р.Ю. Введение в физическую океанографию: учеб. пособие для

вузов по напр «Прикладные мат-ка и физика» /М ; Министерство образования и науки РФ,

Моск. физ.-техн. ин-т (гос. ун-т). – Москва: МФТИ, 2014. – 142 с.

3. Куприн П.Н. Введение в океанологию: учеб. пособие для вузов / . – Москва: Изд-во Моск. ун-та, 2014. – 632 с. Учебное пособие для студентов и магистрантов, обучающихся по направлению 020300 Геология
4. Хартиев С.М, Иошпа А.Р. Основы гидродинамики океана. – Ростов-на-Дону, изд. ЮФУ, 2014.-240 с.
5. Ерёмкина Т.Р., Софьина Е.В., Дайлидиене И. Оперативная океанография. - СПб.: изд. РГГМУ, 2014.- 99с.
6. Прибрежно-морское природопользование: теория, индикаторы, региональные особенности/ И.С. Арзамасцев и др.; под ред. П.Я Бакланова. – Владивосток: Дальнаука, 2010. -308 с.
7. Доронин Ю.П. Физика океана. – СПб: изд. РГГМУ, 2000. - 340 с.
8. Малинин В.Н. Общая океанология. Часть I. Физические процессы. – С-Пб: издательство РГГМУ. – 1998. – 342 с.
9. Коровин В.П. Океанологические наблюдения в прибрежной зоне моря. Учебное пособие. - СПб., изд. РГГМУ, 2007.-434 с.
10. Коровин В.П, Тимец В.М. Методы и средства гидрометеорологических измерений. Санкт-Петербург: Гидрометеиздат, 2000. — 312 с.
11. Царев В.А., Коровин В.П. Неконтактные методы измерения в океанологии. Учебное пособие - Санкт-Петербург: РГГМУ, 2005.- 184 с.
12. Айбулатов Н.А. Деятельность России в прибрежной зоне моря и проблемы экологии/Н.А. Айбулатов ; отв. Ред. В.И. Осипов; Ин-т океанологии им. П.П. Ширшова . – М.: Наука, 2005. – 364 с.
13. Абузаров З. К., Думанская И.О., Нестеров Е.С. Оперативное океанографическое обеспечение.- М.-Обнинск, ИГ-СОЦИН, 2009.- 287 с.
14. Плинк Н.Л. Политика действий в прибрежной зоне: учеб. пособие/ Н.Л. Плинк, Г.Г. Гогоберидзе – Спб.: Изд. РГГМУ, 2003. - 225 с.
15. Булгаков Н.П. Конвекция в океане. Наука, М., 1975.
16. Бурков В.А. Общая циркуляция Мирового океана. Л.. Гидрометеиздат, 1980.
17. Будыко М.И. Тепловой баланс земной поверхности. Л.. Гидрометеиздат, 1956.

18. Динамика океана. Под ред. Ю.П. Доронина. ЛГМИ, 1980.
19. Доронин Ю.П. Тепловое взаимодействие атмосферы и гидросферы в Арктике. Л., Гидрометеоздат, 1969.
20. Доронин Ю.П. Взаимодействие атмосферы и океана. ЛГМИ, 1981.
21. Доронин Ю.П., Хейсин Д.Е. Морской лед. Л., Гидрометеоздат, 1975.
22. Доронин Ю.П., Кубышкин Н.В. Рост и таяние морского льда. СПб., Гидрометеоздат, 2001.
23. Дуванин А.И. Приливы в море. Л., Гидрометеоздат, 1968.
24. Егоров Н.И. Физическая океанография. Изд. 2. Л., Гидрометеоздат, 1974.
25. Жуков Л.А. Общая океанология. Л., Гидрометеоздат, 1976.
26. Захаров В.Ф. Морские льды в климатической системе. СПб., Гидрометеоздат, 1996.
27. Захаров В.Ф. Льды Арктики и современные природные процессы. Л., Гидрометеоздат, 1981.
28. Каган Б.А. Гидродинамические модели приливных движений в море. Л., Гидрометеоздат, 1968.
29. Каган Б.А. Взаимодействие океана и атмосферы. СПб., Гидрометеоздат, 1992.
30. Калацкий В.И. Моделирование вертикальной термической структуры деятельного слоя океана. Л., Гидрометеоздат, 1978.
31. Каменкович В.М. Основы динамики океана. Л., Гидрометеоздат, 1973.
32. Конвективное перемешивание в море. Под ред. А.Д. Добровольского. М., изд-во МГУ, 1977.
33. Крутских Б.А. Основные закономерности изменчивости режима арктических морей в естественных гидрологических периодах. Л., Гидрометеоздат, 1978.
34. Лаппо С.С., Гулев С.К., Рождественский А.Е. Крупномасштабное тепловое взаимодействие в системе океан-атмосфера и энергоактивные области Мирового океана. Л., Гидрометеоздат, 1990.
35. Линейкин П.С. Основные вопросы динамической теории бароклинного слоя моря. Л., Гидрометеоздат, 1957.
36. Мамаев О.И. T,S анализ вод Мирового океана. Л., Гидрометеоздат, 1970.
37. Макштас А.П. Тепловой баланс морских льдов в зимний период. Л., Гидрометеоздат, 1989.

### **3. Раздел - «Науки об атмосфере и климате»**

#### **3.1. Строение, состав, свойства атмосферы**

Предмет и метод метеорологии, ее место среди других наук и связь между ними и с различными видами земной деятельности. Основные метеорологические величины и атмосферные явления.

Состав атмосферы. Состав атмосферного воздуха. Постоянные и переменные составные части атмосферного воздуха. Антропогенное загрязнение атмосферы. Изменение состава воздуха с высотой.

Вертикальное строение атмосферы. Краткая характеристика тропосферы, стратосферы, мезосферы, термосферы, экзосферы. Гомо- и гетеросфера. Озоносфера. Ионосфера. Понятие пограничного и приземного слоя атмосферы. Понятие о воздушных массах и фронтах.

Уравнение состояния сухого и влажного воздуха. Виртуальная температура. Характеристики влажного воздуха и связь между ними.

### **3.2. Статика и термодинамика атмосферы**

Силы, действующие в атмосфере в состоянии равновесия. Уравнение статики, его следствие. Понятие локальной и полной производной метеорологических величин. Понятие градиента метеорологической величины. Барический градиент и барическая ступень. Барометрические формулы для однородной, изотермической, политропной и реальной моделей атмосфер. Практическое использование барометрических формул. Изменение плотности воздуха с высотой. Стандартная атмосфера.

Первое начало термодинамики применительно к атмосфере. Адиабатические процессы. Сухоадиабатический градиент. Потенциальная температура и ее свойства.

Первое начало термодинамики при влажноадиабатическом процессе. Влажноадиабатический градиент, его зависимость от температуры и давления. Псевдоадиабатические процессы. Эквивалентно-потенциальная и псевдопотенциальная температура, их свойства. Понятие о неадиабатических процессах.

Изменение параметров воздушной частицы при ее вертикальных перемещениях. Кривая состояния. Уровень конденсации. Уровень конвекции. Энергия неустойчивости. Аэрологическая диаграмма. Принципы построения термодинамических графиков, их использование.

Стратификация атмосферы. Критерии оценки вертикальной термической устойчивости атмосферы. Метод частицы.

### **3.3. Лучистая энергия в атмосфере**

Определение понятий и величин, характеризующих электромагнитное излучение. Понятия потока, интенсивности и инсоляции. Распределение энергии по спектру и интегральный поток солнечной радиации на верхней границе атмосферы. Солнечная постоянная.

Поглощение и рассеяние солнечной радиации в атмосфере. Закон ослабления монохроматического и интегрального потоков радиации. Функции пропускания и поглощения. Спектральные и интегральные характеристики прозрачности атмосферы. Фактор мутности. Спектральный состав солнечной радиации у земной поверхности. Особенности радиационных процессов в загрязненной атмосфере.

Прямой, рассеянной и суммарной потоки солнечной радиации. Факторы, влияющие на них. Отражение и поглощение солнечной радиации земной поверхностью. Коэффициенты отражения (альбедо) и поглощения. Альбедо различных естественных поверхностей, облаков и Земли как планеты. Суточный ход альбедо.

Длинноволновое излучение. Излучение земной поверхности и атмосферы. Распределение энергии по спектру. Радиационные свойства естественных поверхностей. Поглощение земного излучения в атмосфере. Уходящее и встречное излучение атмосферы. Эффективное излучение, факторы, влияющие на него.

Радиационный баланс земной поверхности. Радиационный баланс атмосферы. Радиационный баланс Земли как планеты. Факторы, определяющие радиационный баланс, его суточный и годовой ход.

### **3.4. Тепловой режим почвы и атмосферы**

Теплофизические характеристики почвы, воды и воздуха. Основные законы распространения тепла в почве. Температура земной поверхности. Вертикальное распределение температуры почвы. Поток тепла в почве. Особенности распространения тепла в водоемах.

Потоки тепла в атмосфере. Уравнение приток тепла в атмосфере. Уравнение притока тепла в турбулентной атмосфере. Коэффициент турбулентного обмена и коэффициент турбулентности. Методы его определения. Методы расчета турбулентного потока тепла. Суточный и годовой ход температуры.

Изменение температуры воздуха с высотой. Периодические и непериодические изменения температуры в тропосфере. Инверсии температуры. Высота и температура тропопаузы.

Уравнение теплового баланса земной поверхности. Уравнение теплового баланса атмосферы и системы Земля – атмосфера.

### **3.5. Физика воды в трех фазовых состояниях и ее свойства в атмосфере**

Условия фазовых переходов вода в атмосфере. Диаграмма фазовых состояний воды в атмосфере. Роль ядер конденсации. Образование зародышевых капель. Факторы, влияющие на ее рост. Переохлаждение капель. Образование ледяных кристаллов в атмосфере.

Уравнение переноса водяного пара в турбулентной атмосфере. Испарение с земной поверхности и с поверхностей больших и малых водоемов. Равновесная относительная влажность.

Туманы. Физико-метеорологические условия образования туманов. Их классификация. Основные характеристики туманов. Модели образования и строения туманов. Прогноз радиационных туманов.

Облака. Физико-метеорологические условия образования облаков. Роль вертикальных движений различного масштаба, турбулентного перемешивания



и радиационного выхолаживания в образовании облаков. Международная классификация облаков. Генетическая классификация облаков. Физические характеристики облаков: водность, размер капель; капельные, кристаллические и смешанные облака; нижняя и верхняя границы облаков, их изменчивость во времени и пространстве.

Осадки. Классификация осадков. Процессы укрупнения капель и кристаллов в облаках. Скорость роста и испарения капель. Коэффициент соударения (захвата). Роль твердой фазы в образовании осадков. Осадки из капельных, кристаллических и смешанных облаков. Особенности образования града. Наземная конденсация и осадки.

Понятие о физическом механизме воздействия на облака, туманы, осадки. Представление о способах активного воздействия и их эффективности.

### **3.6. Оптические и электрические явления в атмосфере.**

#### **Акустика атмосферы**

Оптические величины. Оптические явления, связанные с рассеянием света в атмосфере. Цвет неба. Яркость небесного свода. Кажущаяся форма небесного свода, явления, с этим связанные. Освещенность земной поверхности в различное время суток. Свечение ночного неба. Яркость фона и различных поверхностей. Сумерки и заря.

Метеорологическая дальность видимости. Факторы, влияющие на нее. Дальность видимости естественных и искусственных объектов. Дальность видимости огней. Понятие о полетной и посадочной видимости. Видимость в облаках, туманах, осадках.

Причины рефракции света в атмосфере. Астрономическая и земная рефракции. Явления, обусловленные рефракцией света.

Гало, венцы, радуга и другие оптические явления.

Поверхностный заряд Земли. Ионизация воздуха. Легкие и тяжелые ионы. Электрические заряды и электрическое поле атмосферы. Проводимость атмосферы.

Ионосфера, ее основные характеристики.

Электрическое поле облаков. Основы теории грозового электричества. Электрические токи осадков. Гроза как атмосферное явление. Статистические характеристики гроз.

Общие понятия акустики атмосферы. Скорость звука. Условия распространения звуковых волн в атмосфере.

### **3.7. Динамика атмосферы**

Силы, действующие в атмосфере. Уравнение движения атмосферы. Установившееся движение воздуха без учета сил трения. Градиентный ветер. Геоострофического ветер. Изменение геоострофического ветра с высотой. Спираль Экмана. Градиентный ветер в циклоне и антициклоне с учетом и без учета силы трения.

Атмосфера – турбулентная среда. Динамические факторы возникновения атмосферной турбулентности. Основные характеристики турбулентности. Турбулентный поток и приток субстанции.

Понятие о приземном и пограничном слоях атмосферы. Изменение скорости ветра с высотой. Суточный ход ветра.

### **3.8. Прогнозирование погоды**

Основные понятия синоптической метеорологии. Приземные карты погоды. Барометрическая формула геопотенциала. Карты барической топографии.

Метеорологическая информация. Синоптическая сеть станций. Виды и источники метеорологической информации. Кодирование фактических данных о погоде.

Первичный анализ метеорологической информации. Обработка карт погоды и барической топографии. Построение аэрологических диаграмм. Приемы количественного анализа карт погоды. Трансляционные и эволюционные изменения метеорологических элементов. Оценка вертикальных токов конвекции.

Воздушные массы. Условия формирования. Классификации. Эволюция.

Атмосферные фронты. Классификация. Условия образования и размывания фронтов.

Циклоны и антициклоны. Условия возникновения и стадии развития.

Прогноз синоптического положения. Методы и приемы прогноза перемещения барических систем, воздушных масс и фронтов.

Прогноз условий погоды. Виды прогнозов погоды. Формулировка и приемы оценки качества. Прогноз ветра и особых явлений погоды, связанных с ветром. Прогнозы температуры воздуха, облачности и осадков. Прогноз видимости и туманов.

Современные системы глобального и мезомасштабного прогноза погоды от нескольких часов до трех суток.

Приемы изображения макрометеорологических процессов. Построение карт распределения средних значений метеорологических элементов и их отклонений от многолетней «нормы». Сборные и сборно-кинематические карты, карты траекторий циклонов и антициклонов.

Определение эффективности методов и приемы оценки качества долгосрочных прогнозов погоды. Обеспечение методов прогноза. Сравнение успешности методических прогнозов с инерционными и случайными.

Методы прогнозов на три дня. Понятие «естественного синоптического» периода и «естественного синоптического» процесса и их связь с высотными деформационными полями. Принципы составления прогнозов на три дня. Использование аналогов при составлении прогнозов. Критерии выбора аналогов на ЭВМ.

Методы прогнозов на пентаду и декаду. Расчет полей температуры и осадков на пентаду и декаду по континентальным районам России и Арктическому бассейну.

Понятие о «естественном синоптическом» сезоне, определение и основные их характеристики. Выявление характерных процессов и их прогностические возможности. Прогностические свойства тенденции «естественного синоптического» сезона. Способ расчета аномалий высот H500, температуры воздуха и осадков на сезон.

Методы прогнозов погоды на месяц. Использование особенностей «естественного синоптического» сезона и учета предшествующих синоптических процессов и элементов погоды при составлении прогнозов погоды на месяц. Роль аналогов и принципов их нахождения для составления прогноза синоптических процессов и элементов погоды. Гидродинамический и статистический методы прогнозов.

Основные формы циркуляции атмосферы и их преобразования. Типы преобразований и их обеспеченность. Роль гомологов и способы их выбора. Составление прогнозов по Арктическому бассейну и их уточнение.

Методы долгосрочных прогнозов погоды, применяемые в зарубежных странах (США, Япония, Германия, Индия и т.д.)

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Аргучинцев В.К. Динамика атмосферы // Учебное пособие. Иркутск, из-во Иркутского ун-та, — 2006. — 130 с.
2. Вельтищев Н.Ф., Степаненко В.М. Мезометеорологические процессы – М.: 2006. – 104 с
3. Дашко Н.А. Курс лекций по синоптической метеорологии, Владивосток: ДВГУ, 2005 — 523 с
4. Зверев А.С. Синоптическая метеорология.-Л.:Гидрометеиздат, 1977
5. Кислов А.В., Суркова Г.В. Климатология. Учебник.– М.: Академия, 2020. – 352 с.
6. Клёмин В.В., Готюр И.А. Гидродинамические прогнозы: Учебник.– СПб:Наука, 2021.–220 с.
7. Клёмин В.В., Кулешов Ю.В., Суворов С.С., Волконский Ю.Н.. Динамика атмосферы. Учебник. СПб: Наука,2013.– 421 с.
8. Матвеев Л.Т, Матвеев Ю.Л. Облака и вихри - основа колебаний погоды и климата. // СПб.: РГГМУ, 2005. — 327 с.
9. Матвеев Л.Т. Физика атмосферы. - СПб.: Гидрометеиздат, 2000— 778 с.
10. Русин И.Н. Арапов П.П. Основы метеорологии и климатологии. Курс лекций. // СПб.: изд. РГГМУ, 2008. — 199 с.
11. Хромов С.П., Петросянц М.А. Метеорология и климатология Учебник. М.: Наука, 2006 — 584 с.
12. Швед Г.М. Введение в динамику и энергетику атмосферы: учеб. пособие. — СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2020. — 396 с.

13. Динамическая метеорология. Под ред. Д. Л. Лайхтмана. Л.: Гидрометеиздат, 1976.
14. Бройдо А. Г. и др. Задачник по общей метеорологии. Л.: Гидрометеиздат, 1984.
15. Атлас облаков. Под ред. А. Х. Хргиана, Н. И. Новожилова. Л.: Гидрометеиздат, 1978.
16. Дубровина Л. С. Облака и осадки по данным самолетного зондирования. Л.: Гидрометеиздат, 1982.
17. Доронин Ю. П. Взаимодействие атмосферы и океана. Л.: Гидрометеиздат, 1981.
18. Руководство по краткосрочным прогнозам погоды. Издание третье; части 1 и 2. Л.: Гидрометеиздат, 1986.
19. Багров Н.А., Кондратович К.В., Педь Д.А., Угрюмов А.И. Долгосрочные метеорологические прогнозы. Л.: Гидрометеиздат, 1985.
20. Руководство по месячным прогнозам погоды. – Л.: Гидрометеиздат, 1972.
21. Монин А.С. Теоретические основы геофизической гидродинамики. Л.: Гидрометеиздат, 1988.
22. Городецкий О. А., Гуральник И. И., Ларин В. В. Метеорология, методы и технические средства наблюдений. Л.: Гидрометеиздат, 1984.
23. Стернзат М. С. Метеорологические приборы и измерения. Л.: Гидрометеиздат, 1978. 392 с.
24. Семенченко Б.А. Физическая метеорология. М.: Аспект Пресс, 2002, 415с.
25. Шакина Н. П. Динамика атмосферных фронтов и циклонов. Л.: Гидрометеиздат, 1985.
26. Ривин Г.С. Современные вычислительные технологии в задачах прогноза погоды // Вычислительные технологии, 2004, т. 9.