

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова»
Физический факультет

УТВЕРЖДАЮ
И.о. декана физического факультета МГУ,
профессор, д.ф.-м.н.



В.В. Белокуров

21 » *марта* 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия

Land hydrology, water resources, hydrochemistry

Программа (программы) подготовки
научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре
Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия
(103-01-00-1616-фмн)

Москва 2024

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с Приказом по МГУ от 24 ноября 2021 года № 1216 «Об утверждении Требований к основным программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре, самостоятельно устанавливаемых Московским государственным университетом имени М.В.Ломоносова».

1. Краткая аннотация:

Название дисциплины: Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия.

Цель: изучения дисциплины – систематизация и углубление знаний по физико-математическим аспектам классической и современной гидрологии суши.

2. Уровень высшего образования - подготовка кадров высшей квалификации.

3. Научная специальность: 1.6.16. Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия; область науки: естественные науки.

4. Место дисциплины (модуля) в структуре Программы аспирантуры: дисциплины (модули), направленные на подготовку к кандидатским экзаменам - Дисциплина, совпадающая с наименованием научной специальности.

5. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся:

Объем дисциплины (модуля) составляет 3 зачетных единицы, всего 108 часов, из которых 54 часа составляет контактная работа аспиранта с преподавателем (50 часов занятия лекционного типа, 4 часа групповых консультаций), 54 часа составляет самостоятельная работа учащегося.

6. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия.

Необходимы знания высшей математики и общей физики в объеме курсов, преподаваемых на физических специальностях классических университетов, полученных на предыдущих уровнях высшего образования.

7. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе								
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них					Самостоятельная работа обучающегося, часы из них			
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Групповые консультации	Индивидуальные консультации	Учебные занятия, направленные на проведение текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации	Всего	Выполнение домашних заданий	Подготовка к коллоквиумам	Всего
<p>Тема 1. Общие вопросы <i>Запасы воды на Земле. Основные сведения об океанах, морях, крупнейших реках и озерах, оледенении горных районов и полярных областей.</i> <i>Понятие о гидросфере. Гипотезы о происхождении атмосферы и гидросферы Земли. Условия существования атмосферы и гидросферы.</i> <i>Круговорот воды на земном шаре. Влагооборот и баланс влаги в атмосфере. Водный баланс земного шара.</i> <i>Вода как вещество. Изотопный состав, молекулярная структура,</i></p>	20	5	5				10	10		10

<p>водородные связи. Физические свойства воды: теплоемкость, теплопроводность, вязкость, поверхностное натяжение, сжимаемость. Плотность воды и ее аномалии. Агрегатные состояния воды и фазовые переходы. Удельная теплота плавления и парообразования. Физико-механические свойства льда, его структура, прочность, теплоемкость и теплопроводность. Физические свойства снега: структура, плотность, теплоемкость, теплопроводность и влагоемкость. Радиационные свойства снежного покрова.</p>										
<p>Тема 2. Элементы классической и геофизической гидродинамики Понятие сплошной среды. Подходы Лагранжа и Эйлера к описанию движения сплошной среды. Уравнение неразрывности. Уравнения Эйлера и Навье-Стокса. Граничные условия. Потенциальное и вихревое движения. Гидростатика. Уравнение Бернулли. Стратификация и ее устойчивость. Адиабатический</p>	20	5	5				10	10		10

<p>градиент. Частота Вайсяля-Брента. Термогравитационная конвекция. Уравнения Буссинеска. Устойчивость течений. Сдвиговая и конвективная неустойчивости. Числа Рейнольдса и Рэлея. Турбулентные и ламинарные течения. Уравнения Рейнольдса. Проблема замыкания уравнений Рейнольдса. Полуэмпирические теории турбулентности. Пограничные слои. Теория Колмогорова-Обухова. Спектр турбулентности. Влияние плотностной стратификации на турбулентность. Число Ричардсона. Масштаб Озмидова. Поверхностные и внутренние гравитационные волны. Дисперсионное соотношение для гравитационно-капиллярных волн на воде. Фазовая и групповая скорости волн. Нормальная и аномальная дисперсия. Теория мелкой воды. Длинные волны. Распространение звука в жидкости. Волновое уравнение. Уравнение Гельмгольца.</p>										
<p>Тема 3. Реки, речные бассейны и речной сток Бассейн реки, речная долина и ее элементы. Речное русло и его морфометрические</p>	20	5	5				10	10		10

<p>характеристики. Питание рек: дождевое, снеговое, подземное, ледниковое. Фазы водного режима: половодье, паводки, межень. Осадки как фактор формирования речного стока. Инfiltrация дождевой воды в почву. Вода в почво-грунтах и ее движение. Влажность и влагоемкость почвы. Подземные воды: воды зоны аэрации и насыщения, грунтовые и артезианские воды. Подземное питание рек. Взаимосвязь поверхностных и подземных вод. Закономерности движения подземных вод. Закон Дарси. Минимальный и меженный сток. Максимальный сток весеннего половодья и дождевых паводков. Методы математического моделирования процессов формирования стока.</p>										
<p>Тема 4. Динамика русловых потоков Гидравлическое сопротивление речных русел и пойм. Зависимость скорости течения от уклона и шероховатости русла. Формула Шези. Связь расходов и уровней воды (кривые расхода). Изменение гидравлических элементов руслового потока в зависимости</p>	25	10	5				15	10		10

<p>от уровня воды. Распределение скоростей течения по вертикали и по живому сечению. Теория движения паводочной волны. Образование и состав речных наносов. Склоновая и русловая эрозия. Формы транспорта наносов в речном потоке. Гидравлическая крупность наносов. Механизм взвешивания наносов, теории движения взвешенных наносов; закономерности распределения наносов в речном потоке. Транспортирующая способность потока. Грядовое движение наносов, иерархия форм руслового рельефа. Расчет занесения и заиления водохранилищ. Русловые деформации: типизация, методы расчета и прогноза. Плесы и перекаты. Особенности динамики потока и русловых процессов в устьях рек. Смешение речных и морских вод.</p>										
<p>Тема 5. Озера и водохранилища Происхождение и форма озерных котловин. Крупнейшие сточные и бессточные озера мира. Типы формы ложа водохранилищ, их полезный и полный объем. Уравнение водного баланса водоема за многолетний период,</p>	15	5					5	10		10

<p>год, месяц. Основные составляющие водного баланса водоема и способы его расчета. Уравнение теплового баланса водоема, основные его составляющие и способы их расчета. Замерзание озер и водохранилищ. Таяние ледяного покрова, дрейф и разрушение льда. Течения в озерах и водохранилищах – градиентные и ветровые. Ветровые волны. Зыбь. Сейши. Сгоны и нагоны. Циркуляция Ленгмюра. Термобар. Оптические свойства воды в водоемах и ослабление ее освещенности с глубиной. Прозрачность, цвет и мутность воды.</p>										
Промежуточная аттестация: допуск к кандидатскому экзамену	8			4					4	4
Итого	108	30	20	4			54	50	4	54

8. Образовательные технологии

Используемые формы и методы обучения: лекции и семинарские занятия, самостоятельная работа аспирантов.

В процессе преподавания дисциплины преподаватель использует как классические формы и методы обучения (лекции и семинарские занятия), так и активные методы обучения.

При проведении лекционных занятий преподаватель использует при необходимости аудиовизуальные, компьютерные и мультимедийные средства обучения, а также демонстрационные и наглядно-иллюстрационные (в том числе раздаточные) материалы.

9. Учебно-методические материалы для самостоятельной работы по дисциплине (модулю): аспирантам предоставляется программа курса, план занятий и задания для самостоятельной работы, презентации к лекционным занятиям.

10. Ресурсное обеспечение:

Основная литература:

1. Алексеевский Н.И. Гидрофизика: учебник для студ. вузов. М.: Издательский центр «Академия», 2006.
2. Архипкин В., Добролюбов С. Океанология. Физические свойства морской воды 2-е изд., испр. и доп. – Litres, 2017.
3. Гладков Г.Л., Чалов Р.С., Беркович К.М. Гидроморфология русел судоходных рек. Издание третье. Санкт-Петербург - Москва — Краснодар: Лань, 2022. 432 с.
4. Добролюбов С.А., Архипкин В.С. Океанология: основы термодинамики морской воды. – 2018.
5. Жмур В.В., Березникова, М.В., Извеков О.Я.: учебное пособие: Теория функций комплексного переменного в задачах гидродинамики и нефтяного инжиниринга. М.: МФТИ, 2021. 80 с.
6. Кучмент Л.С. Речной сток (генезис, моделирование, предвычисление). - М.: 2008. 394с
7. Маккавеев Н.И., Чалов Р.С. Русловые процессы. М.: Изд-во МГУ, 1986. – 264 с
8. Мотовилов Ю.Г., Гельфан А.Н. Модели формирования стока в задачах гидрологии речных бассейнов. М: РАН, 2018. 300 с.
9. Носов М.А. Лекции по теории турбулентности. М.: Янус-К, 2013
10. Пуклаков В.В., Даценко Ю.С., Гончаров А.В. и др. Гидроэкологический режим водохранилищ Подмосковья (наблюдения, диагноз, прогноз). М: Перо, 2015. 284 с.
11. Фролова, Н.Л. Гидрология рек. Антропогенные изменения речного стока: учебное пособие для среднего профессионального образования. М: Юрайт, 2024. 115 с.
12. Эдельштейн К.К. Гидрология озер и водохранилищ. Учебник для ВУЗов. М: Перо, 2014. - 399 с.

Дополнительная литература:

1. Алексеевский Н. И., Фролова Н. Л., Христофоров А. В. Мониторинг гидрологических процессов и повышение безопасности водопользования. М.: Географический ф-т МГУ, 2011. 367 с.
2. Алексеевский Н.И. Формирование и движение речных наносов. М.: Изд-во МГУ, 1998. 202 с.
3. Гельфан А.Н. Динамико-стохастическое моделирование формирования талого стока. М.: Наука, 2007. 294 с.
4. Гришанин К.В. Основы динамики русловых потоков. М.: Транспорт, 1990.

5. Даценко Ю.С. Эвтрофирование водохранилищ. Гидролого-гидрохимические аспекты. М.: ГЕОС, 2007. 252 с.
6. Лайтхилл Дж. Волны в жидкостях. М.: Мир, 1981.
7. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Гидродинамика. Т. VI, М.: Наука, 1986.
8. Мельникова О.Н. Динамика руслового потока. М.: МАКС ПРЕСС. 2006.
9. Михайлов В.Н., Добровольский А.Д., Добролюбов С.А. Гидрология. М.: Высшая школа, 2005. 463 с.
10. Монин А.С, Яглом А.М. Статистическая гидромеханика. Гидрометеиздат, 1992.
11. Никаноров А.М. Гидрохимия: учебник. Ростов-на-Дону: НОК, 2008. 462 с.
12. Носов М.А. Введение в теорию волн цунами. М.: Янус-К, 2019.
13. Педлоски Д. Геофизическая гидродинамика: В 2-х т. Мир, 1984.
14. Чалов Р.С. Русловедение: теория, география, практика. Том 1: Русловые процессы: факторы, механизмы, формы проявления и условия формирования речных русел. М.: ЛКИ, 2008. 608 с.

11. Язык преподавания – русский.

12. Преподаватели:

1. Д.ф.-м.н., профессор Носов М.А., e-mail: m.a.nosov@mail.ru;
2. Д.ф.-м.н., доцент Мельникова О.Н., e-mail: olamel@yandex.ru.

Фонды оценочных средств, необходимые для оценки результатов обучения

Образцы домашних заданий:

1. Показать, что в плоском потоке жидкости, скорость которого убывает вдоль по течению, циркуляция скорости по одному и тому же замкнутому контуру сохраняется во времени
2. После спада расхода воды в паводок на дне реки обнаружены гряды длиной 30, 3 и 2.7 м. Найти глубину потока воды, сформировавшего эти гряды
3. На поверхности потока воды средней глубины 1 метр наблюдается волна с неподвижным гребнем длиной 3 см. Определить скорость потока
4. Скорость течения направлена вдоль оси x , линейно растет вдоль оси y , найти циркуляцию вдоль квадрата со стороной a .
5. Перепад высот в нижнем створе плотины составляет 10 метров. Найти начальную скорость паводковой волны.
6. Найти минимальную глубину потока, при которой образуются волны с неподвижными гребнями на поверхности воды.
7. Найти период сейшевых колебаний в замкнутом бассейне глубиной H , длиной L
8. Поток со стационарными волнами на поверхности воды создает периодическую гряду на поверхности песка на дне. Расстояние между гребнями гряд 5 см, глубина потока 10 см. Определить скорость потока.
9. В паводок поток образовал синусоидальные излучины на дне длиной 10 метров. Число Фруда потока составило в паводок $Fr = 0.7$. Определить скорость паводкового потока.
10. В плоском стационарном потоке воды в прямом канале с горизонтальным дном наклон водной поверхности к горизонту составляет угол α . Показать, что продольный градиент скорости $\frac{\partial u}{\partial x} \approx \frac{u}{h} \operatorname{tg} \alpha$, где u – скорость потока, h – глубина потока

Вопросы для промежуточной аттестации – зачета:

1. Уравнения движения потоков воды со свободной поверхностью.

2. Движение жидкости в у твердой границы в прямом канале
3. 3 Стационарные потоки, скорость которых убывает вдоль по течению
4. Профили скорости. Пограничный слой. Особенности течения в вязком слое
5. Формирование цилиндрических вихрей в вязком слое потока, скорость которого убывает вдоль по течению
6. Условия формирования волн с неподвижными гребнями на поверхности потоков воды.
7. Захват грунта вихрями, формирующимися в пограничном слое потоков воды.
8. Деформация размываемого дна стационарными волнами на поверхности потока воды.
9. Прорыв плотины. Расчет скорости головной волны прорыва.
10. Основные виды русловых деформаций. Типы речных русел и условия их формирования
11. Образование донных гряд вихрями в замедляющихся потоках с плоской поверхностью
12. Докритические и закритические потоки со свободной поверхностью.
13. Деформация речных русел в паводок
14. Образование в водоемах фронтальных поверхностей. Температура максимальной плотности воды. Термобар.
15. Конвективное движение у поверхности воды при осеннем выхолаживании.
16. Распределение температуры воды в водоемах.
17. Поверхностные и внутренние волны в водоемах. Дисперсионное соотношение поверхностных волн.
18. Придонные течения в водоемах.
19. Уравнение теплового баланса для водной поверхности.

**Методические материалы
для проведения процедур оценивания результатов обучения**

Зачет проходит по билету, включающего 3 вопроса. Уровень знаний аспиранта по каждому вопросу на «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». В случае если на все вопросы был дан ответ, оцененный не ниже чем «удовлетворительно», аспирант получает общую оценку «зачтено».

Шкала оценивания знаний, умений и навыков

Результат освоения дисциплины	Критерии оценивания знаний, умений и навыков			
	2/ не зачтено	3/ зачтено	4/ зачтено	5/ зачтено
Знания	Отсутствие знаний основных уравнений в гидрологии	В целом успешные, но не систематические основные уравнений в гидрологии	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы знания основных уравнений в гидрологии	Успешные и систематические основные уравнений в гидрологии
Умения	Отсутствие умения применять знания основных уравнений в гидрологии для решения	В целом успешное, но не систематическое применять	В целом успешное, но содержащее отдельные	Успешное и систематическое умение применять

	научных задач	знания основных уравнений в гидрологии для решения научных задач	пробелы умение применять знания основных уравнений в гидрологии для решения научных задач	знания основных уравнений в гидрологии для решения научных задач
Навыки	Отсутствие/фрагментарное владение навыками решения научных задач в области гидрологии	В целом успешное, но не систематическое владение навыками решения научных задач в гидрологии	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение навыками решения научных задач в области в гидрологии	Успешное и систематическое владение навыками решения научных задач в области в гидрологии