

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

**Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования "Пермский
государственный национальный исследовательский
университет"**

Кафедра гидрологии и охраны водных ресурсов

**Авторы-составители: Лепихин Анатолий Павлович
Ларченко Ольга Викторовна**

Рабочая программа дисциплины

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Код УМК 80959

Утверждено
Протокол №10
от «18» июня 2018 г.

Пермь, 2018

1. Наименование дисциплины

Математическое моделирование гидрологических процессов

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина входит в вариативную часть Блока « Б.1 » образовательной программы по направлениям подготовки (специальностям):

Направление: **05.03.05** Прикладная гидрометеорология
направленность Прикладная гидрология

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины **Математическое моделирование гидрологических процессов** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

05.03.05 Прикладная гидрометеорология (направленность : Прикладная гидрология)

ПК.14 знать структуру и программу наблюдений на гидрометеорологической сети РФ; владеть методами гидрометеорологических измерений, статистической обработки и анализа гидрометеорологических наблюдений с применением современных программных средств

ПК.3 владеть методами анализа и интерпретации данных натурных и лабораторных наблюдений, теоретических расчетов и моделирования

4. Объем и содержание дисциплины

Направления подготовки	05.03.05 Прикладная гидрометеорология (направленность: Прикладная гидрология)
форма обучения	очная
№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины	10
Объем дисциплины (з.е.)	3
Объем дисциплины (ак.час.)	108
Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:	42
Проведение лекционных занятий	14
Проведение практических занятий, семинаров	14
Проведение лабораторных работ, занятий по иностранному языку	14
Самостоятельная работа (ак.час.)	66
Формы текущего контроля	Защищаемое контрольное мероприятие (1) Итоговое контрольное мероприятие (1) Письменное контрольное мероприятие (1)
Формы промежуточной аттестации	Экзамен (10 триместр)

5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины

Математическое моделирование гидрологических процессов. Первый семестр

В дисциплине рассматриваются программные комплексы, используемые для моделирования динамики поверхностных водных объектов и склонового стока. Особое внимание уделяется использованию гидрометеорологических информационных систем в практической работе гидрологов. Рассматривается моделирование последствий аварийных ситуаций, связанных с загрязнением поверхностных водных объектов, со строительством ГТС и пр. с использованием современных компьютерных средств.

Раздел 1. Общие принципах построения математических моделей , их отличия от физических моделей.

Обзор современных программных продуктов предназначенных для обработки гидрологической информации: «MIKE», «HEC-RAS». и др. Подготовка исходных гидрологических данных: уровней, расходов, температуры воды, толщина снега и льда, количество осадков, для обработки и анализа в программных пакетах.

Общая классификация математических моделей используемых в гидрологии

Подготовка исходных гидрологических данных: уровней, расходов, температуры воды, толщина снега и льда, количество осадков, для обработки и анализа в программных пакетах.

Критерии корректности и адекватности модели исследуемому объекту , процессу.

Обзор современных программных продуктов предназначенных для обработки гидрологической информации: «MIKE», «HEC-RAS», «SMS», «MapInfo», «ArcGIS», «Statistica», «Гидрорасчеты», «Trans-2», «Proryv», «StokStat», «MS EXCEL» и др.

Раздел 2. Вычислительные эксперименты в применении к исследованию гидрологических процессов.

Математическое распределенное моделирование процессов наземной части гидрологического цикла (формирование стока и загрязнения); Аналитические функции распределения. Построение клетчатки вероятностей. Графическое представление функции распределения на клетчатке вероятностей. Общий анализ ряда данных. Моделирование опасных гидрологических явлений. Распространение волны прорыва. Качественная и количественная интерполяция. Вопросы получения и дальнейшей тематической обработки данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ).

Основные специфические особенности в построении математических моделей гидрологических процессов (фрактальность, стохастичность, сложность проведения натуральных экспериментов)

Аналитические функции распределения. Построение клетчатки вероятностей. Графическое представление функции распределения на клетчатке вероятностей. Общий анализ ряда данных.

Принципы и особенности построения моделей многолетних колебаний стока. Требования локальной стационарности гидрологических процессов .

Моделирование опасных гидрологических явлений. Распространение волны прорыва. Качественная и количественная интерполяция. Вопросы получения и дальнейшей тематической обработки данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ).

Основные требования к построению стационарных функций распределения стоковых характеристик .

Возможности использования программных продуктов для представления результатов гидрологических исследований

Раздел 3. Особенности построения пространственно корреляционных функций и их

использование в гидрологических расчетах .

Контроль за уровнем усвоения материала

Методы анализа внутри рядовой структуры исследуемых параметров

Методы анализа внутри рядовой структуры исследуемых параметров (Коэффициенты Херста, автокорреляционные и спектральные функции .

Раздел 4. Математические модели колебания уровней озер , возможность и следствия поли модальности уровней тяготения .

Уровненный режим озер определяется комплексом следующих природных условий:

а) соотношением между приходной (осадки на зеркало озера, поверхностный приток, подземный приток) и расходной частью водного баланса озера (испарение, поверхностный и подземный сток из озера);

б) морфометрическими характеристиками озерной чаши и озерной котловины (соотношение между высотой стояния воды в озере и площадью его водного зеркала);

в) размерами озера, его формой, характером берегов, характером ветровой деятельности, определяющим размеры волн, сгонов и нагонов уровня.

Колебания уровня озера могут быть сведены к следующим трем основным видам: сезонные, годовые и кратковременные.

Раздел 5. Области, условиях корректного применения гидродинамических моделей водных объектов в 1D-2D-3D постановке.

Общая характеристика и особенности использования современных программных продуктов реализующих гидрометеорологические данные.

6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Освоение дисциплины требует систематического изучения всех тем в той последовательности, в какой они указаны в рабочей программе.

Основными видами учебной работы являются аудиторские занятия. Их цель - расширить базовые знания обучающихся по осваиваемой дисциплине и систему теоретических ориентиров для последующего более глубокого освоения программного материала в ходе самостоятельной работы. Обучающемуся важно помнить, что контактная работа с преподавателем эффективно помогает ему овладеть программным материалом благодаря расстановке необходимых акцентов и удержанию внимания интонационными модуляциями голоса, а также подключением аудио-визуального механизма восприятия информации.

Самостоятельная работа преследует следующие цели:

- закрепление и совершенствование теоретических знаний, полученных на лекционных занятиях;
- формирование навыков подготовки текстовой составляющей информации учебного и научного назначения для размещения в различных информационных системах;
- совершенствование навыков поиска научных публикаций и образовательных ресурсов, размещенных в сети Интернет;
- самоконтроль освоения программного материала.

Обучающемуся необходимо помнить, что результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем во время проведения мероприятий текущего контроля и учитываются при промежуточной аттестации.

Обучающимся с ОВЗ и инвалидов предоставляется возможность выбора форм проведения мероприятий текущего контроля, альтернативных формам, предусмотренным рабочей программой дисциплины. Предусматривается возможность увеличения в пределах 1 академического часа времени, отводимого на выполнение контрольных мероприятий.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

При проведении текущего контроля применяются оценочные средства, обеспечивающие передачу информации, от обучающегося к преподавателю, с учетом психофизиологических особенностей здоровья обучающихся.

7. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

При самостоятельной работе обучающимся следует использовать:

- конспекты лекций;
- литературу из перечня основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля);
- текст лекций на электронных носителях;
- ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимые для освоения дисциплины;
- лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение из перечня информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине;
- методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная:

1. Коваленко, В. В. Практикум по дисциплине «Моделирование гидрологических процессов. Часть 1. Динамические модели» (на базе языка C++) : учебное пособие / В. В. Коваленко, Е. В. Гайдукова. — Санкт-Петербург : Российский государственный гидрометеорологический университет, 2010. — 150 с. — ISBN 978-5-86813-287-2. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/17940>
2. Ахмадиев Ф. Г. Математическое моделирование и методы оптимизации: Учебное пособие/Ахмадиев Ф. Г.-Казань:Казанский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ,2017, ISBN 978-5-7829-0534-7.-179. <http://www.iprbookshop.ru/73309.html>

Дополнительная:

1. Гидрологические расчеты : методические указания к курсовым работам по гидрологии для студентов специалитета, обучающихся по специальности 08.05.01 «Строительство уникальных зданий и сооружений» / составители А. Г. Ходзинская. — Москва : Московский государственный строительный университет, ЭБС АСВ, 2017. — 45 с. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/72584.html>
2. Халафян А. А. Statistica 6. Статистический анализ данных:учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности "Статистика" и другим экономическим специальностям/А.А. Халафян.- Москва:БИНОМ,2008, ISBN 978-5-9518-0215-6.-5035.-Библиогр. в конце кн.

9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины

<http://www.waterjournal.ru/> Водное хозяйство России

<http://giovanni.gsfc.nasa.gov/giovanni> Банк данных для исследований в рамках наук о Земле

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Образовательный процесс по дисциплине **Математическое моделирование гидрологических процессов** предполагает использование следующего программного обеспечения и информационных справочных систем:

Презентационные материалы (слайды по темам лекционных и практических занятий); доступ в режиме on-line в Электронную библиотечную систему (ЭБС); доступ в электронную информационно-образовательную среду университета. Офисный пакет приложений «LibreOffice».

ПО на ноутбук: ОС «Альт Образование» (Договор № ДС 003–2020).

Специализированное ПО: Dr. Web; MIKE для вузов ; HEC-RAS (в свободном доступе); StokStat (в свободном доступе); SAS Planet (в свободном доступе); VLC Player (в свободном доступе); Яндекс Браузер (в свободном доступе).

При освоении материала и выполнения заданий по дисциплине рекомендуется использование материалов, размещенных в Личных кабинетах обучающихся ЕТИС ПГНИУ (**student.psu.ru**).

При организации дистанционной работы и проведении занятий в режиме онлайн могут использоваться:

система видеоконференцсвязи на основе платформы BigBlueButton (<https://bigbluebutton.org/>).

система LMS Moodle (<http://e-learn.psu.ru/>), которая поддерживает возможность использования текстовых материалов и презентаций, аудио- и видеоконтент, а так же тесты, проверяемые задания, задания для совместной работы.

система тестирования Indigo (<https://indigotech.ru/>).

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Лекционные занятия - аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

Занятия семинарского типа (семинары, практические занятия) - аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

Лабораторные занятия - компьютерный класс, оснащенный персональными ЭВМ и соответствующим программным обеспечением. Состав оборудования определен в Паспорте компьютерного класса.

Текущий контроль – аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

Групповые (индивидуальные) консультации - аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

Самостоятельная работа - аудитория для самостоятельной работы, оснащенная компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», обеспеченный доступом в электронную информационно-образовательную среду университета. Помещения Научной библиотеки ПГНИУ.

Помещения научной библиотеки ПГНИУ для обеспечения самостоятельной работы обучающихся:

1. Научно-библиографический отдел, корп.1, ауд. 142. Оборудован 3 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

2. Читальный зал гуманитарной литературы, корп. 2, ауд. 418. Оборудован 7 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

3. Читальный зал естественной литературы, корп.6, ауд. 107а. Оборудован 5 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

4. Отдел иностранной литературы, корп.2 ауд. 207. Оборудован 1 персональным компьютером с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

5. Библиотека юридического факультета, корп.9, ауд. 4. Оборудована 11 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

6. Читальный зал географического факультета, корп.8, ауд. 419. Оборудован 6 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

Все компьютеры, установленные в помещениях научной библиотеки, оснащены следующим программным обеспечением:

Операционная система ALT Linux;

Офисный пакет Libreoffice.

Справочно-правовая система «КонсультантПлюс»

**Фонды оценочных средств для аттестации по дисциплине
Математическое моделирование гидрологических процессов**

**Планируемые результаты обучения по дисциплине для формирования компетенции и
критерии их оценивания**

Компетенция	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p>ПК.3 владеть методами анализа и интерпретации данных натурных и лабораторных наблюдений, теоретических расчетов и моделирования</p>	<p>Уметь анализировать данные натурных и лабораторных наблюдений, владеть методами теоретических расчетов и моделирование гидрологической информации. Знать программные комплексы, используемые для моделирования динамики поверхностных водных объектов и склонового стока.</p>	<p align="center">Неудовлетворител</p> <p>Не владеет методами анализа и интерпретации данных наблюдений; не способен применять принципы, методы и схемы инженерных расчетов основных гидрометеорологических характеристик, понимает принципы численных моделей, понимает их преимущества и недостатки. Не знает программные комплексы, используемые для моделирования динамики поверхностных водных объектов и склонового стока. Не владеет методами моделирования последствий аварийных ситуаций на водных объектах.</p> <p align="center">Удовлетворительн</p> <p>Слабо владеет методами анализа и интерпретации данных натурных и лабораторных наблюдений, теоретических расчетов и моделирования; не способен применять принципы, методы и схемы инженерных расчетов основных гидрометеорологических характеристик, понимает принципы численных моделей, понимает их преимущества и недостатки. Знает программные комплексы, используемые для моделирования динамики поверхностных водных объектов и склонового стока, такие как: «MIKE», «HEC-RAS». Слабо владеет методами моделирования последствий аварийных ситуаций, связанных с загрязнением поверхностных водных объектов, со строительством ГТС и пр. с использованием современных компьютерных средств.</p> <p align="center">Хорошо</p> <p>Владеет методами анализа и интерпретации данных натурных и лабораторных</p>

Компетенция	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;">Хорошо</p> <p>наблюдений, теоретических расчетов и моделирования; способен применять принципы, методы и схемы инженерных расчетов основных гидрометеорологических характеристик, понимает принципы численных моделей, понимает их преимущества и недостатки. Знает программные комплексы, используемые для моделирования динамики поверхностных водных объектов и склонового стока, такие как: «MIKE», «HEC-RAS». Слабо владеет методами моделирования последствий аварийных ситуаций, связанных с загрязнением поверхностных водных объектов, со строительством ГТС и пр. с использованием современных компьютерных средств.</p> <p style="text-align: center;">Отлично</p> <p>Владеет методами анализа и интерпретации данных натурных и лабораторных наблюдений, теоретических расчетов и моделирования; способен применять принципы, методы и схемы инженерных расчетов основных гидрометеорологических характеристик, понимает принципы численных моделей, понимает их преимущества и недостатки. Знает программные комплексы, используемые для моделирования динамики поверхностных водных объектов и склонового стока, такие как: «MIKE», «HEC-RAS». Владеет методами моделирования последствий аварийных ситуаций, связанных с загрязнением поверхностных водных объектов, со строительством ГТС и пр. с использованием современных компьютерных средств.</p>
<p>ПК.14 знать структуру и программу наблюдений на гидрометеорологической сети РФ; владеть методами гидрометеорологическими</p>	<p>знает программу наблюдений на гидрометеорологической сети РФ согласно "Наставлениям гидрометеорологическим станциям и постам"; владеет методами измерений всех гидрометеорологических</p>	<p style="text-align: center;">Неудовлетворител</p> <p>Не владеет методами анализа и интерпретации данных наблюдений на гидрометеорологической сети РФ. Не владеет методами измерений всех гидрометеорологических характеристик, входящих в программу наблюдений на ГМС. Не владеет методами статистической</p>

Компетенция	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p>х измерений, статистической обработки и анализа гидрометеорологических наблюдений с применением современных программных средств</p>	<p>характеристик, входящих в программу наблюдений; владеет методами статистической обработки и анализа гидрометеорологических наблюдений с применением современных программных средств</p>	<p>Неудовлетворител обработки и анализа гидрометеорологических наблюдений с применением современных программных средств. Не владеет программным обеспечением, применяемым в области гидрологических расчетов и прогнозов. Не умеет правильно интерпретировать и оформлять полученные результаты.</p> <p>Удовлетворительн Слабо владеет методами анализа и интерпретации данных наблюдений на гидрометеорологической сети РФ. Владеет методами измерений всех гидрометеорологических характеристик, входящих в программу наблюдений на ГМС. Владеет методами статистической обработки и анализа гидрометеорологических наблюдений с применением современных программных средств. Слабо владеет программным обеспечением, применяемым в области гидрологических расчетов и прогнозов. Не умеет правильно интерпретировать и оформлять полученные результаты.</p> <p>Хорошо Хорошо владеет методами анализа и интерпретации данных наблюдений на гидрометеорологической сети РФ. Хорошо владеет методами измерений всех гидрометеорологических характеристик, входящих в программу наблюдений на ГМС. Хорошо владеет методами статистической обработки и анализа гидрометеорологических наблюдений с применением современных программных средств. Владеет программным обеспечением, применяемым в области гидрологических расчетов и прогнозов. Умеет правильно интерпретировать и оформлять полученные результаты.</p> <p>Отлично Отлично владеет методами анализа и интерпретации данных наблюдений на</p>

Компетенция	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;">Отлично</p> <p>гидрометеорологической сети РФ. Отлично владеет методами измерений всех гидрометеорологических характеристик, входящих в программу наблюдений на ГМС. Отлично владеет методами статистической обработки и анализа гидрометеорологических наблюдений с применением современных программных средств. Отлично владеет программным обеспечением, применяемым в области гидрологических расчетов и прогнозов. Умеет правильно интерпретировать и оформлять полученные результаты.</p>

Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : Базовая

Вид мероприятия промежуточной аттестации : Экзамен

Способ проведения мероприятия промежуточной аттестации : Оценка по дисциплине в рамках промежуточной аттестации определяется на основе баллов, набранных обучающимся на контрольных мероприятиях, проводимых в течение учебного периода.

Максимальное количество баллов : 100

Конвертация баллов в отметки

«отлично» - от 81 до 100

«хорошо» - от 61 до 80

«удовлетворительно» - от 43 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 43 балла

Компетенция	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<p>ПК.3 владеть методами анализа и интерпретации данных натуральных и лабораторных наблюдений, теоретических расчетов и моделирования</p> <p>ПК.14 знать структуру и программу наблюдений на гидрометеорологической сети РФ; владеть методами гидрометеорологических измерений, статистической обработки и анализа гидрометеорологических наблюдений с применением современных программных средств</p>	<p>Принципы и особенности построения моделей многолетних колебаний стока. Требования локальной стационарности гидрологическ</p> <p>Защищаемое контрольное мероприятие</p>	<p>Знает принципы и особенности построения моделей многолетних колебаний стока. Требования локальной стационарности гидрологических процессов</p>
<p>ПК.3 владеть методами анализа и интерпретации данных натуральных и лабораторных наблюдений, теоретических расчетов и моделирования</p>	<p>Раздел 4. Математические модели колебания уровней озер , возможность и следствия поли модальности уровней тяготения .</p> <p>Письменное контрольное мероприятие</p>	<p>Знает математические модели колебания уровней озер , возможность и следствия полимодальности уровней тяготения</p>

Компетенция	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
ПК.3 владеть методами анализа и интерпретации данных природных и лабораторных наблюдений, теоретических расчетов и моделирования	Раздел 5. Области, условиях корректного применения гидродинамических моделей водных объектов в 1D-2D-3D постановке. Итоговое контрольное мероприятие	Владеет методами анализа и интерпретации данных природных и лабораторных наблюдений, теоретических расчетов и моделирования; способен применять принципы, методы и схемы инженерных расчетов основных гидрометеорологических характеристик, понимает принципы численных моделей, понимает их преимущества и недостатки. Знает программные комплексы, используемые для моделирования динамики поверхностных водных объектов и склонового стока

Спецификация мероприятий текущего контроля

Принципы и особенности построения моделей многолетних колебаний стока.

Требования локальной стационарности гидрологическ

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **13**

Показатели оценивания	Баллы
Знает требования локальной стационарности гидрологических процессов	15
Знает модели многолетних колебаний стока.	15

Раздел 4. Математические модели колебания уровней озер, возможность и следствия поли модальности уровней тяготения.

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **13**

Показатели оценивания	Баллы
Знает следствия полимодальности уровней тяготения	15
Знает математические модели колебания уровней озер	15

Раздел 5. Области, условиях корректного применения гидродинамических моделей водных объектов в 1D-2D-3D постановке.

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставяемый за мероприятие промежуточной аттестации: **40**

Проходной балл: **17**

Показатели оценивания	Баллы
Владеет методами анализа и интерпретации данных натурных и лабораторных наблюдений, теоретических расчетов и моделирования	10
Знает методы моделирования последствий аварийных ситуаций, связанных с загрязнением поверхностных водных объектов	10
Знает методы моделирования последствий аварийных ситуаций, связанных со строительством ГТС	10
Знает программные комплексы, используемые для моделирования динамики поверхностных водных объектов и склонового стока, такие как: «MIKE», «HEC-RAS», «Statistica», «Гидрорасчеты», «Trans-2», «Proryv», «StokStat»	10