

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
Геолого-географический факультет



«22» июня 2023 г.

**Фонд оценочных средств  
по дисциплине**

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ  
ПРОЦЕССОВ**

Направление подготовки  
**05.04.04 Гидрометеорология**

Направленность (профиль) подготовки / специализация:  
**«Гидрометеорология»**

Фонд оценочных средств соответствует ОС НИ ТГУ по направлению подготовки 05.04.04 Гидрометеорология, учебному плану направления подготовки 05.04.04 Гидрометеорология, направленности (профиля) «Гидрометеорология» и рабочей программе по данной дисциплине.

Полный фонд оценочных средств по дисциплине хранится на кафедре гидрологии // опубликован в ЭИОС НИ ТГУ – электронном университете Moodle: <https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=24395> первый семестр.

Разработчик ФОС:  
старший преподаватель кафедры гидрологии \_\_\_\_\_ Н. Г. Инишев

Экспертиза фонда оценочных средств проведена учебно-методической комиссией факультета, протокол № 7 от 22.06.2023 г.

Фонд оценочных средств рассмотрен и утвержден на заседании кафедры Метеорологии и климатологии, протокол № 144 от 26.06.2023 г.

Фонд оценочных средств рассмотрен и утвержден на заседании кафедры гидрологии, протокол № 10 от 05.06 2023 г.

Руководитель магистерской программы «Гидрометеорология», заведующий кафедрой метеорологии и климатологии \_\_\_\_\_ В.П. Горбатенко

Заведующий кафедрой гидрологии \_\_\_\_\_ В. А. Земцов

## Формируемые компетенции

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-1 – способность использовать основы методологии научного познания, базовые знания в области математических и естественных наук при решении задач профессиональной деятельности в области гидрометеорологии;

ПК-2 – способность осуществлять оперативно-производственную деятельность в области гидрометеорологии.

Таблица 1 – Уровни освоения компетенций и критерии их оценивания

Компетенция	Результаты освоения дисциплины	Уровни освоения	Критерии оценивания результатов освоения дисциплины	Шкала оценки тестовых заданий
ОПК 1	ИОПК-1.1. Владеет математическим аппаратом, применяет математические методы при решении задач различной степени сложности в практической и профессиональной деятельности	Повышенный	Успешное и систематическое знание о использовании математических моделей для решения практических задач	85-100%
		Достаточный	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы знание о использовании математических моделей для решения практических задач	70-84 %
		Пороговый	Слабо знает пути использования математических моделей для решения практических задач	55-69 %
		Допороговый	Отрывочные знания о использовании математических моделей для решения практических задач	Менее 55 %
		Допороговый	Частично освоенное умение обосновывать математические модели основных гидрологических процессов; задавать граничные и начальные условия, обеспечивающие корректную постановку задач моделирования на основе использования результатов наблюдения	Менее 55 %

ПК 2	ИПК-2.2. Способен проводить оценку новых расчетных методов и участвовать в их разработке, проводить экологическую оценку воздействия на окружающую среду при различных антропогенных воздействиях на территории.	Повышенный	Успешное и систематическое создание математических моделей гидрологических процессов	85-100%
		Достаточный	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение навыками создания математических моделей гидрологических процессов	70-84 %
		Пороговый	В целом успешное, но не систематическое владение навыками создания математических моделей гидрологических процессов	55-69 %
		Допороговый	Фрагментарное владение навыками создания математических моделей гидрологических процессов	Менее 55 %

**Таблица 2 – Этапы формирования компетенции в курсе**

№	Раздел дисциплины	Результаты освоения дисциплины	Оценочные средства
1	Тема 1. Введение. Определения. Типы моделей. Основные этапы совершенствования моделей гидрологических процессов.	ИОПК-1.1	Самостоятельная работа. Тест.
2	Тема 2. Динамические модели гидрологического цикла.	ИОПК-1.1	Самостоятельная работа, лабораторная работа, собеседование
3	Тема 3. Общее представление о системном моделировании.	ИПК-2.2	Самостоятельная работа, собеседование
4	Тема 4. Математические модели гидрологических процессов в русловой сети.	ИПК-2.2, ИОПК-1.1	Самостоятельная работа, лабораторная работа, собеседование
5	Тема 5. Математические модели гидрологических процессов на склонах водосборов.	ИОПК-1.1, ИПК-2.2.	Самостоятельная работа, лабораторная работа, собеседование
6	Тема 6. Статистические модели в гидрологии.	ИОПК-1.1, ИПК-2.2.	Самостоятельная работа, лабораторная работа, собеседование
7	Тема 7. Параметризация (идентификация) динамических и стохастических моделей гидрологических процессов.	ИОПК-1.1, ИПК-2.2.	Самостоятельная работа, лабораторная работа, собеседование

**Типовые задания для проведения текущего контроля успеваемости по дисциплине**

Текущий контроль успеваемости осуществляется через практику защиты выполненного лабораторного задания и семинарского занятия, которая предусматривает изложение не только практической части работы и собственных выводов студента, но и ответы на теоретические вопросы по теме.

Лабораторные занятия. Лабораторные занятия по дисциплине «Математическое моделирование гидрологических процессов» построены на выполнении индивидуальных заданий и имеют цель научить магистров выполнять расчеты по моделированию антропогенного воздействия на заболоченных водосборах. Прохождение всего цикла практических занятий является обязательным условием допуска магистра к экзамену.

Для выполнения работ преподавателем выдаются необходимые методические указания. Руководство работами осуществляет преподаватель. При необходимости он может изменять тему, объем и содержание работы, уточняет цель и порядок исследований, демонстрирует при необходимости проведение отдельных этапов работы, напоминает основные требования безопасности и другие необходимые сведения.

Лабораторные занятия призваны закрепить знания студентов по отдельным разделам курса «Математическое моделирование гидрологических процессов», научить самостоятельно анализировать полученные результаты, создавать модели гидрологических процессов и выполнять их параметризацию.

#### Темы практических работ

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование практических работ	Формируемые компетенции
1	6	Расчет и анализ парной корреляции в гидрологических исследованиях на примере идентификации кривой расходов.	ИОПК-1.1
2	6	Расчет и анализ множественной корреляции (линейной и нелинейной) в гидрологических исследованиях на примере физико-статистических моделей стока весеннего половодья.	ИОПК-1.1, ИПК-2.2.
3	8	Применение одномерных методов оптимизации для параметризации моделей гидрологических процессов	ИОПК-1.1,
4	8	Применение многомерных методов оптимизации при идентификации математических моделей гидрологических процессов	ИОПК-1.1, ИПК-2.2.
5	4	Моделирование руслового стока с распределенными параметрами. Модель кинематической волны.	ИОПК-1.1
6	4	Моделирование гидрологического процесса в речной системе, при различных сценариях метеорологических воздействий.	ИОПК-1.1, ИПК-2.2.

6	5	Математическое моделирование поля осредненных по вертикали скоростей (плана течений) на участке русла в системе SMS	ИОПК-1.1, ИПК-2.2.
---	---	---	-----------------------

После выполнения работы магистры предоставляют преподавателю отчет, содержащий цели и задачи работы, краткое описание методики исследования, результаты в табличной и графической форме и самостоятельно сформулированные выводы по теме исследований. Для каждого лабораторного занятия разработаны вопросы для самоконтроля.

Вопросы для самоконтроля к лабораторной работе по теме «Расчет и анализ парной корреляции в гидрологических исследованиях»

1. Что такое уравнение регрессии?
2. Чем оценивается теснота связи по уравнению регрессии?
3. В чем заключается принцип наименьших квадратов?
4. Как определить ошибки коэффициентов уравнения регрессии?

Вопросы для самоконтроля к лабораторной работе по теме «Расчет и анализ множественной корреляции в гидрологических исследованиях»

1. Что означает «коэффициент множественной корреляции» и в каких пределах он изменяется?
2. Виды уравнений регрессии?
3. Какие способы определения коэффициента множественной корреляции Вы знаете?
4. Почему необходимо исключать дублирующие и неэффективные предикторы? Критерии выбора. Оценка долей вклада.
5. Как можно получить нелинейное уравнение регрессии, применяя аппарат линейной множественной корреляции?

Вопросы для самоконтроля к лабораторной работе по теме «Применение одномерных методов оптимизации для параметризации моделей гидрологических процессов»

1. Какие виды критерия качества Вы знаете?
2. Опишите метод дихотомии.
3. В чем заключается суть метода «золотого сечения»?
4. Во сколько раз метод дихотомии эффективнее метода «золотого сечения»?
5. В чем отличие глобального оптимума от локального?
6. Что означает точность оптимизации и условия ее окончания?

Вопросы для самоконтроля к лабораторной работе по теме «Применение многомерных методов оптимизации при идентификации математических моделей гидрологических процессов»

1. В чем заключается принцип последовательного улучшения состояния в нелинейных методах минимизации?
2. В чем состоят достоинства и недостатки метода сканирования?
3. В чем отличие глобального оптимума от локального?
4. Какие виды ограничений на параметры Вы знаете?
5. Как задаются штрафные функции?

6. В чем достоинства метода наискорейшего спуска по сравнению с методом градиента?
7. Какие свойства поведения критерия качества используются в методе сопряженных градиентов для ускорения его сходимости?
8. Для каких гидрологических задач целесообразно использовать метод шагов по оврагу?

Вопросы для самоконтроля к лабораторной работе по теме «Моделирование гидрологического процесса в речной системе, при различных сценариях метеорологических воздействий»

1. Какие методы расчета снеготаяния Вы знаете?
2. В чем измеряется коэффициент таяния снега?
3. Водоотдача из снега – как она определяется приближенно и по методу А.Г. Ковзеля?
4. В чем заключается суть метода расчета водоотдачи бассейна по методу Е.Г. Попова?
5. Как определить суточную водоотдачу бассейна по общей?
6. Как определяется предшествующее увлажнение заболоченного водосбора?
7. Какими методами описывается движение воды по склонам и русловой сети?

Вопросы для самоконтроля к лабораторной работе по теме «Математическое моделирование поля осредненных по вертикали скоростей (плана течений) на участке русла в системе SMS»

1. Назовите вид дифференциальных уравнений, лежащих в основе систем моделирования пространственных потоков и их авторов?
2. В чем отличие плановой задачи от пространственной и плоской?
3. Что вы понимаете под цифровой моделью рельефа дна?
4. Какие методы интерполяции в узлы расчетной сетки применяются в системе SMS?
5. Как задаются начальные условия в граничных створах?
6. Что такое расчетная сетка, её виды и как она создается?
7. В каком виде могут быть заданы характеристики шероховатости и турбулентного обмена?
8. Какие результаты расчетов можно представить в виде планов?
9. Что такое ГИС-калькулятор?

Семинарские занятия. Семинарские занятия по дисциплине «Математическое моделирование гидрологических процессов» позволяют закрепить лекционный материал. Магистрант участвует в дискуссиях, что позволяет получить основные навыки профессионального коммуникативного общения, а, так же, учиться работать с различными источниками информации, анализировать и сопоставлять полученные данные, работать с табличным и графическим материалом.

Для прохождения семинарского занятия студент должен самостоятельно подготовиться к определённой преподавателем теме. Занятия проводятся в аудиториях, оборудованных мультимедийными средствами.

Примерные темы семинарских занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Наименование темы семинара	Формируемые компетенции
----------	----------------------	----------------------------	----------------------------

1	5	Математические модели гидрологических процессов на склонах водосборов	ИОПК-1.1, ИПК-2.2.
2	6	Статистические модели в гидрологии	ИОПК-1.1, ИПК-2.2.
3	7	Статистические зависимости и корреляция в гидрологии	ИОПК-1.1,
4	8	Параметризация (идентификация) динамических и стохастических моделей гидрологических процессов	ИОПК-1.1, ИПК-2.2.

### Проверка сформированности компетенций в процессе промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в первом семестре в форме экзамена. Экзамен проводится в письменной форме по билетам.

Экзаменационный билет содержит два теоретических вопроса по дисциплине, проверяющих навыки: применения математических методов в профессиональной деятельности (ИОПК-1.1); использование информационных технологий при поиске, идентификации и отборе научно-технической информации в процессе решения задач в профессиональной деятельности (ИОПК-4.1); понимание гидрологических, климатических и погодных явлений, их структуру (ИПК-1.1.) и процессы, происходящие в атмосфере и океанах (ИПК-3.1.).

Подготовка к ответу обучающегося на экзамене составляет 1 академический час (45 минут), продолжительность ответа на основные и дополнительные вопросы составляет 0,3 часа. Ответы на вопросы даются в развёрнутой форме.

### Типовые вопросы для проведения промежуточной аттестации

1. Какие типы моделей гидрологических процессов применяются на практике?
2. В чем заключается идентификация математических моделей гидрологических систем?
3. Что такое прямая и обратная задача?
4. Что такое оптимизация и для чего она нужна?
5. Какие математические модели гидрологических процессов вы знаете?
6. В чем отличие детерминистических моделей от стохастических?
7. Критерий качества, его примеры и особенности поведения?
8. Какие методы оптимизации чаще всего применяются на практике? Дайте их краткую характеристику.
9. Общий подход к нелинейным методам оптимизации.
10. Какие градиентные методы оптимизации вы знаете? Опишите метод наискорейшего спуска.
11. Что такое уравнение регрессии?
12. Чем оценивается теснота связи по уравнению регрессии?
13. Почему необходимо исключать дублирующие и не эффективные предикторы? Критерии выбора. Оценка долей вклада.
14. Как можно получить нелинейное уравнение регрессии, применяя аппарат линейной множественной корреляции?
15. Модели каких процессов составляют общую модель формирования стока в бассейне?
16. Опишите модель склонового стока типа кинематической волны.



17. Почему необходимо производить стыковку математических моделей формирования стока?
18. Какие основные силы учитываются при описании движения влаги в зоне аэрации?
19. Чем отличаются «строгие» методы расчета перемещения воды на склонах и русловой сети от приближенных?
20. Какие методы расчета движения воды применяются в моделях склонового стока?
21. Что такое «управление» водохозяйственным комплексом и его принципы?
22. Что такое процесс «Белого шума»?

#### Примерный перечень вопросов к экзамену

1. Определение модели, понятие о моделировании.
2. Классификация моделей.
3. Определение мат модели. Типы математических моделей.
4. Методы идентификации математических моделей стока.
5. Модели руслового стока. Модель кинематической волны.
6. Модели руслового стока. Диффузионная модель.
7. Модель руслового стока. Уравнения Сен-Венана.
8. Приближенные модели руслового стока. Метод кривых добегания.
9. Модели склонового стока.
10. Модели перемещения влаги в зоне аэрации. Общая постановка задачи
11. Модели перемещения влаги в насыщенно-ненасыщенной зоне. Методы решений уравнений влагопереноса.
12. Стыковка математических моделей стока
13. Управление природно-техническими системами.
14. Типы случайных процессов. Белый шум.
15. Числовые характеристики случайных процессов. Математическое ожидание. Корреляционные функции. Дисперсия.
16. Марковский случайный процесс.
17. Динамико-статистический метод Ю.И.Алехина.
18. Линейная парная регрессия.
19. Нелинейная парная регрессия.
20. Линейная множественная регрессия.
21. Нелинейные уравнения множественной регрессии.
22. Исключение дублирующих и неэффективных аргументов. Доли вклада.
23. Используя принцип наименьших квадратов, получите уравнение парной параболической регрессии 2-го порядка.
24. Что такое оптимизация и её математическая формулировка.
25. Основные понятия оптимизации, нормализация независимых переменных. Глобальный и локальный оптимумы.
26. Критерий качества.
27. Проблемы, возникающие при оптимизации параметров стока.
28. Общий подход к нелинейным методам оптимизации.
29. Метод градиента.
30. Метод наискорейшего спуска.
31. Метод шагов по оврагу.
32. Пространственно-временное осреднение моделей.
33. Объединение уравнений звеньев гидрологического цикла в систему и ее замыкание с помощью экологической модели.

Экзамен проводится в виде устного собеседования. Экзамен предполагает получение студентом отметки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Для получения положительной отметки студенту необходимо набрать в результате устной беседы от 3 до 5 баллов.

### Критерии оценки для промежуточного контроля

Критерии	Оценка
Теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному.	«отлично»
Теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые виды заданий выполнены с неточностями.	«хорошо»
Теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнены, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки.	«удовлетворительно»
Теоретическое содержание курса не освоено, выполненные учебные задания содержат грубые ошибки, имеются взыскания за пропуски занятий без уважительной причины.	«неудовлетворительно»

Поскольку освоение дисциплины предполагает получение студентом не только общих теоретических знаний, то на прохождение промежуточной успеваемости влияют результаты текущей работы студента. Программа предполагает выполнение следующих видов работ: посещение лекционных и практических занятий, выполнение практических работ, написание теста и собеседование с преподавателем