

**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

Кафедра Инженерной гидрологии

Рабочая программа дисциплины

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ
(продвинутый уровень)**

Основная профессиональная образовательная программа
высшего образования по направлению подготовки

05.04.05 «Прикладная гидрометеорология»

Направленность (профиль):
**Инженерная гидрология и рациональное
использование водных ресурсов**

Уровень:
Магистратура

Форма обучения
Очная/заочная

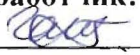
Согласовано
Руководитель ОПОП

 Гайдукова Е.В.

Председатель УМС
 И.И. Палкин

Рекомендована решением
Учебно-методического совета РГГМУ
24 июня 2021 г., протокол № 9

Рассмотрена и утверждена на заседании кафедры
«31» мая 2021 г., протокол № 20/21-10
Зав. кафедрой  Хаустов В.А.

Автор-разработчик:
 Гайдукова Е.В.

1. Цель и задачи освоения дисциплины

Цель дисциплины – подготовка магистров прикладной гидрометеорологии, обучающихся по профилю Инженерная гидрология и рациональное использование водных ресурсов, знающих существующие подходы к моделированию и прогнозированию развивающихся систем природных процессов (на гидрологических примерах). При этом под развитием может пониматься как гносеологические его аспекты, когда «развивается» не сам объект, а моделирующий его субъект (социальная среда), «натыкающейся» на тупики разнообразного происхождения, так и онтологические аспекты, когда объективно меняются свойства развивающегося объекта.

Задачи:

- изучение студентами ключевых задач гидродинамического моделирования природных процессов;
- освоение студентами методами разрешения возникающих тупиков при решении задач гидродинамического моделирования природных процессов;
- формирование у студентов понимания путей преодоления тупиков с помощью методологии частично инфинитного моделирования.

2. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы

Дисциплина «Моделирование природных процессов (продвинутый уровень)» относится к дисциплинам по выбору части, формируемой участниками образовательных отношений.

Дисциплина читается в третьем семестре для очной формы обучения и на втором курсе для заочной формы обучения.

Для освоения данной дисциплины, обучающиеся должны освоить курс бакалавриата, а также дисциплину магистратуры «Оценка изменений гидрологического режима при антропогенных воздействиях».

Параллельно с дисциплиной «Моделирование природных процессов (продвинутый уровень)» изучаются дисциплины обязательной части: «Дистанционные методы исследования природной среды», «Философские проблемы естествознания», «Моделирование природных процессов в океане», «Базы гидрометеорологических данных», а также дисциплины части, формируемой участниками образовательных отношений: «Оценка изменений гидрологического режима при антропогенных воздействиях» и дисциплины по выбору, в том числе: «Современные проблемы науки и производства в гидрометеорологии», «Физико-статистические прогнозы ледового режима рек, озер и водохранилищ», «История и методология науки и производства в гидрометеорологии», «Саморегулирующиеся системы в гидрологии», «Гидрологическое обеспечение эксплуатации водохранилищ», «Эрозионные процессы на водосборах», «Современные проблемы науки и производства в гидрометеорологии».

Дисциплина является основой для научно-исследовательской профессиональной деятельности.

3. Перечень планируемых результатов обучения

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование компетенций:

ПК-1; ПК-2; ПК-3

Таблица 1.

Профессиональные компетенции

Код и наименование профессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции	Результаты обучения
ПК-1. Способен использовать научно-техническую информацию, анализировать отечественный и зарубежный опыт по тематике исследований	ПК-1.1. Пользуется методами поиска, обработки и систематизации научно-технической информации по теме исследования	<i>Знать:</i> методы поиска, обработки и систематизации научно-технической информации по теме исследования <i>Уметь:</i> пользоваться методами поиска, обработки и систематизации научно-технической информации по теме исследования <i>Владеть:</i> методами поиска, обработки и систематизации научно-технической информации по теме исследования
	ПК-1.2. Критически анализирует и обобщает опыт ранее выполненных опубликованных исследований в области гидрологии и смежных областях	<i>Знать:</i> опыт ранее выполненных опубликованных исследований в области гидрологии и смежных областях <i>Уметь:</i> критически анализировать и обобщать опыт ранее выполненных опубликованных исследований в области гидрологии и смежных областях <i>Владеть:</i> способами критического анализа
	ПК-1.3. Обосновывает используемые научные подходы, методы и средства решения научно-исследовательских задач с учетом современного уровня развития гидрометеорологии и смежных областей	<i>Знать:</i> научные подходы, методы и средства решения научно-исследовательских задач с учетом современного уровня развития гидрометеорологии и смежных областей <i>Уметь:</i> обосновывать используемые научные подходы, методы и средства решения научно-исследовательских задач с учетом современного уровня развития гидрометеорологии и смежных областей <i>Владеть:</i> научными подходами, методами и средствами решения научно-исследовательских задач с учетом современного уровня развития гидрометеорологии и смежных областей
ПК-2. Способен применять современные методы, инструменты и технологии научно-исследовательской деятельности в области инженерной гидрологии и рационального использования водных ресурсов	ПК-2.1. Использует знание сущности и методологии научных исследований при формулировании целей, задач и этапов выполнения научно-исследовательской работы.	<i>Знать:</i> сущности и методологии научных исследований при формулировании целей, задач и этапов выполнения научно-исследовательской работы. <i>Уметь:</i> использовать знания сущности и методологии научных исследований при формулировании целей, задач и этапов выполнения научно-исследовательской работы. <i>Владеть:</i> знаниями сущности и методологии научных исследований при формулировании целей, задач и этапов выполнения научно-исследовательской работы.
	ПК-2.3. Проводит анализ результатов исследования с применением общих и специализированных методов исследований	<i>Знать:</i> анализ результатов исследования с применением общих и специализированных методов исследований, в том числе интерпретирует и представляет полученные ре-

Код и наименование профессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции	Результаты обучения
	ванных методов исследований, в том числе интерпретирует и представляет полученные результаты с использованием современных информационных технологий и геоинформационных систем	зультаты с использованием современных информационных технологий и геоинформационных систем <i>Уметь:</i> проводить анализ результатов исследования с применением общих и специализированных методов исследований, в том числе интерпретирует и представляет полученные результаты с использованием современных информационных технологий и геоинформационных систем <i>Владеть:</i> способами анализа результатов
ПК-3. Использует теоретические основы и практические методы для расчетов гидрологических характеристик	ПК-3.1. Применяет на практике методы и технологии анализа, расчета и моделирования состояния водных объектов	<i>Знать:</i> методы и технологии анализа, расчета и моделирования состояния водных объектов <i>Уметь:</i> применять на практике методы и технологии анализа, расчета и моделирования состояния водных объектов <i>Владеть:</i> методами и технологиями анализа, расчета и моделирования состояния водных объектов
	ПК-3.2. Использует на практике методы количественной оценки влияния антропогенной деятельности на гидрометеорологические характеристики	<i>Знать:</i> методы количественной оценки влияния антропогенной деятельности на гидрометеорологические характеристики <i>Уметь:</i> использовать на практике методы количественной оценки влияния антропогенной деятельности на гидрометеорологические характеристики <i>Владеть:</i> методами количественной оценки влияния антропогенной деятельности на гидрометеорологические характеристики

4. Структура и содержание дисциплины

4.1. Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 академических часов.

Таблица 2.

Объем дисциплины по видам учебных занятий в академических часах

Объём дисциплины	Всего часов	
	Очная форма обучения	Заочная форма обучения
Объем дисциплины	108	108
Контактная работа обучающихся с преподавателем (по видам аудиторных учебных занятий) – всего:	42	12
в том числе:	-	-
лекции	28	8

Объём дисциплины	Всего часов	
	Очная форма обучения	Заочная форма обучения
занятия семинарского типа:		
практические занятия	14	4
лабораторные занятия		
Самостоятельная работа (далее – СРС) – всего:	66	96
в том числе:	-	-
курсовая работа	–	–
контрольная работа	–	–
Вид промежуточной аттестации	экзамен	экзамен

4.2. Структура дисциплины

Таблица 3.

Структура дисциплины для очной формы обучения

№	Раздел дисциплины	Семестр	Виды учебной работы, в т.ч. самостоятельная работа студентов, час.			Формы текущего контроля успеваемости	Формируемые компетенции	Индикаторы достижения компетенций
			Лекции	Практические занятия	СРС			
1	Постановка задачи частично инфинитного моделирования	3	4	2	10	Контрольный опрос, расчетно-графическое задание	ПК-1, ПК-2, ПК-3	ПК-1.1
2	Методология частично инфинитного моделирования	3	8	4	18	Контрольный опрос, расчетно-графическое задание	ПК-1, ПК-2, ПК-3	ПК-1.2; ПК-1.3; ПК-2.1; ПК-2.3; ПК-3.1; ПК-3.2
3	Фрактальная диагностика речного стока	3	8	4	18	Контрольный опрос, расчетно-графическое задание	ПК-1, ПК-2, ПК-3	ПК-1.2; ПК-1.3; ПК-2.1; ПК-2.3; ПК-3.1; ПК-3.2
4	Расширение фазового пространства модели формирования стока	3	8	4	20	Контрольный опрос, расчетно-графическое задание	ПК-1, ПК-2, ПК-3	ПК-1.2; ПК-1.3; ПК-2.1; ПК-2.3; ПК-3.1; ПК-3.2
	ИТОГО	-	28	14	66	-	-	-

Таблица 4.

Структура дисциплины для заочной формы обучения

№	Раздел дисциплины	Год	Виды учебной работы, в т.ч. самостоятельная работа студентов, час.			Формы текущего контроля успеваемости	Формируемые компетенции	Индикаторы достижения компетенций
			Лекции	Практические занятия	СРС			
1	Постановка задачи частично инфинитного моделирования	2	2	–	12	Контрольная работа, расчетно-графическое задание	ПК-1, ПК-2, ПК-3	ПК-1.1
2	Методология частично инфинитного моделирования	2	2	2	28	Контрольная работа, расчетно-графическое задание	ПК-1, ПК-2, ПК-3	ПК-1.2; ПК-1.3; ПК-2.1; ПК-2.3; ПК-3.1; ПК-3.2
3	Фрактальная диагностика речного стока	2	2	2	28	Контрольная работа, расчетно-графическое задание	ПК-1, ПК-2, ПК-3	ПК-1.2; ПК-1.3; ПК-2.1; ПК-2.3; ПК-3.1; ПК-3.2
4	Расширение фазового пространства модели формирования стока	2	2		20	Контрольная работа, расчетно-графическое задание	ПК-1, ПК-2, ПК-3	ПК-1.2; ПК-1.3; ПК-2.1; ПК-2.3; ПК-3.1; ПК-3.2
ИТОГО		-	8	4	96	-	-	-

4.3. Содержание разделов дисциплины**1. Постановка задачи частично инфинитного моделирования**

Математическая модель формирования стока. Неустойчивость вероятностного описания процесса формирования стока. Пути борьбы с неустойчивостью. Фазовое пространство. Пути расширения фазового пространства. Формулирование задач частично инфинитного моделирования.

2. Методология частично инфинитного моделирования

Понятие предметной области. Наглядный образ частично инфинитного моделирования. Эволюционные модели. Поиск новых фазовых переменных. Способы «оживления» фазовых переменных.

3. Фрактальная диагностика речного стока

Фрактальные множества и дробные размерности. Физика фракталов с позиции частично инфинитного моделирования. Фрактальная размерность многолетнего речного стока.

ка. Применение размерности пространства вложения в постановке задач частично инфинитного моделирования.

4. Расширение фазового пространства модели формирования стока

Частично инфинитное окружение речного бассейна. Динамические и стохастические модели испарительной предметной области. Объединение предметных областей через двумерную плотность вероятности. Практическое применение двумерной плотности вероятности. Физика ликвидации неустойчивости.

4.4. Содержание занятий семинарского типа

Таблица 5.

Содержание практических занятий для очной формы обучения

№ темы дисциплины	Тематика практических занятий	Всего часов	В том числе часов практической подготовки
1	Стохастическая модель формирования стока и ее применения для оценки гидрологических последствий изменения климата	2	2
2	Прогноз уровней воды с использованием аппроксимации стохастической модели	2	2
2	Оценка устойчивости стохастической модели формирования многолетнего речного стока	2	2
3	Вычисление фрактальных (корреляционных) размерностей	4	4
4	Объединение испарительной и стоковой предметных областей через двумерную плотность вероятности	2	2
4	Построение теоретической двумерной плотности вероятности	2	2

Таблица 6.

Содержание практических занятий для заочной формы обучения

№ темы дисциплины	Тематика практических занятий	Всего часов	В том числе часов практической подготовки
2	Оценка устойчивости стохастической модели формирования многолетнего речного стока	2	2
3	Вычисление фрактальных (корреляционных) размерностей	2	2
4	Построение теоретической двумерной плотности вероятности		

5. Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

В течение семестра студент обязан самостоятельно прорабатывать материал, изложенный на лекциях, для чего рекомендуется использовать сделанные на лекциях конспекты, изучить основную и дополнительную литературу, презентации лекций и практических работ. Освоение материалом и выполнение практических работ проходит при регулярных, по возможности, консультациях с преподавателем.

6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

Учет успеваемости обучающегося по дисциплине осуществляется по 100-балльной шкале. Максимальное количество баллов по дисциплине за один семестр – 100:

- максимальное количество баллов за выполнение всех видов текущего контроля - 70;
- максимальное количество баллов за посещение лекционных занятий - 10;
- максимальное количество баллов за прохождение промежуточной аттестации - 20.

6.1. Текущий контроль

Типовые задания, методика выполнения и критерии оценивания текущего контроля по разделам дисциплины представлены в Фонде оценочных средств по данной дисциплине.

6.2. Промежуточная аттестация

Форма промежуточной аттестации по дисциплине – **экзамен**.

Форма проведения **экзамен**: ответы на билеты.

Перечень вопросов для подготовки к экзамену:

ПК-1.1; ПК-1.2; ПК-1.3; ПК-2.1; ПК-2.3; ПК-3.1; ПК-3.2

1. Математическая модель формирования стока
2. Неустойчивость процесса формирования стока
3. Почему «обычное» моделирование не может преодолеть неустойчивость процесса формирования стока
4. Расширение фазового пространства
5. Формулировка задачи частично инфинитного моделирования
6. Понятие предметной области
7. Наглядный образ частично инфинитного моделирования
8. Эволюционные модели
9. Где «прячутся» фазовые переменные на примере эволюционной модели
10. Как «оживают» фазовые переменные на примере эволюционной модели
11. Частично инфинитное окружение речного бассейна
12. Динамическая и стохастическая модели испарительной предметной области
13. Объединение предметных областей через двумерную плотность вероятности $p(Q, E)$
14. Физика ликвидации неустойчивости
15. Исходные данные, необходимые для построения двумерной плотности вероятности $p(Q, E)$. Практическая польза от двумерных распределений
16. Исходные данные, необходимые для построения двумерной плотности вероятности $p(Q, E)$. Построение двумерной плотности вероятности годового стока
17. Фрактальные множества и дробные размерности
18. Физика фракталов с позиции частично инфинитного моделирования
19. Фрактальная размерность многолетнего речного стока

6.3. Балльно-рейтинговая система оценивания

Таблица 7.

Распределение баллов по видам учебной работы

Вид учебной работы, за которую ставятся баллы	Баллы
Посещение лекционных занятий	0–10
Выполнение практической работы 1	0–10
Выполнение практической работы 2	0–10
Выполнение практической работы 3	0–15
Выполнение практической работы 4	0–10
Выполнение практической работы 5	0–15
Выполнение практической работы 6	0–10
Промежуточная аттестация	0–20
ИТОГО	0–100

Минимальное количество баллов для допуска до промежуточной аттестации составляет 70 баллов при условии выполнения всех видов текущего контроля.

Таблица 8.

Распределение дополнительных баллов

Дополнительные баллы (баллы, которые могут быть добавлены до 100)	Баллы
Участие в НИРС	0–3
Участие в Олимпиаде	0–3
Активность на учебных занятиях	0–3
Участие в конференциях	0–3
Публикация статьи	0–3
ИТОГО	0–15

Таблица 9.

Балльная шкала итоговой оценки на экзамене

Оценка	Баллы
Отлично	85–100
Хорошо	65–84
Удовлетворительно	40–64
Неудовлетворительно	0–39

7. Методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины

Методические рекомендации ко всем видам аудиторных занятий, а также методические рекомендации по организации самостоятельной работы, в том числе по подготовке к текущему контролю и промежуточной аттестации представлены в Методических рекомендациях для обучающихся по освоению дисциплины «Моделирование природных процессов в водоемах и водотоках».

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

8.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная литература

1. Гайдукова Е.В., Диавара Х. Моделирование природных процессов. Конспект лекций. – СПб.: изд. РГГМУ, 2019. – 76 с.

2. Коваленко В.В., Викторова Н.В., Гайдукова Е.В. Моделирование гидрологических процессов. – СПб.: изд. РГГМУ, 2006. – 559 с.

Дополнительная литература

1. Гайдукова Е.В. Фрактальная диагностика в моделировании гидрологических процессов. – СПб.: Астерион, 2017. – 98 с. – Электронный ресурс. Режим доступа: http://elib.rshu.ru/files_books/pdf/rid_5e466ff0b4a4490dad1d9838b512d3d2.pdf

2. Коваленко В.В., Гайдукова Е.В. Практикум по дисциплине «Моделирование гидрологических процессов. Часть I. Динамические модели» (на базе языка C++). – СПб.: изд. РГГМУ, 2010. – 150 с. – Электронный ресурс: http://elib.rshu.ru/files_books/pdf/img-417153014.pdf

3. Коваленко В.В., Гайдукова Е.В., Викторова Н.В. Практикум по дисциплине «Моделирование гидрологических процессов. Часть II. Стохастические модели» (на базе языка C++). – СПб.: изд. РГГМУ, 2012. – 247 с.

4. Коваленко В.В., Гайдукова Е.В., Викторова Н.В. Практикум по дисциплине «Моделирование гидрологических процессов. Часть III. Частично инфинитное моделирование» (на базе языка C++). – СПб.: изд. РГГМУ, 2012. – 220 с.

8.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

1. Частично инфинитная гидрология [http://elib.rshu.ru
http://eknigi.org/nauka_i_ucheba/150378-chastichno-infinitynaya-gidrologiya.html](http://elib.rshu.ru/http://eknigi.org/nauka_i_ucheba/150378-chastichno-infinitynaya-gidrologiya.html)
2. Двумерная плотность вероятности <http://www.mathanalysis.ru/0033-two-dimensional-random-variables.php>.
3. Фрактальная диагностика временных рядов http://chaos.phys.msu.ru/loskutov/PDF/Lectures_time_series_analysis.pdf

8.3. Перечень программного обеспечения

1. Microsoft Windows (48130165 21.02.2011)
2. Microsoft Office (49671955 01.02.2012)

8.4. Перечень информационных справочных систем

1. ЭБС «ГидроМетеоОнлайн». Режим доступа: <http://elib.rshu.ru/>
2. Национальная электронная библиотека (НЭБ). Режим доступа: <https://нэб.рф>
3. ЭБС «Znaniium». Режим доступа: <http://znaniium.com/>
4. ЭБС «Перспектив Науки». Режим доступа: <http://www.prospektnauki.ru/>
5. Электронно-библиотечная система elibrary. Режим доступа: <https://elibrary.ru/>
6. Электронная библиотека РГО. Режим доступа: <http://lib.rgo.ru/dsweb/HomePage>
7. Государственная публичная научно-техническая библиотека СО РАН. Режим доступа: <http://www.spsl.nsc.ru>

8.5. Перечень профессиональных баз данных

1. Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – Мировой центр данных. Режим доступа: <http://meteo.ru/>
2. National Climate Data Center. Режим доступа: <http://www.ncdc.noaa.gov>
3. National Geophysic Data Center. Режим доступа: <http://www.ngdc.noaa.gov>
4. Publishing Network for Geoscientific & Environmental Data. Режим доступа: <http://www.pangaea.de>

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа – укомплектована специализированной (учебной) мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации: портативным компьютером (ноутбуком), переносным экраном, мультимедиа-проектором.

Учебная аудитория для проведения занятий практического, семинарского типа – укомплектована специализированной (учебной) мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации: портативным компьютером (ноутбуком), переносным экраном, мультимедиа-проектором.

Учебная аудитория для групповых и индивидуальных консультаций – укомплектована специализированной (учебной) мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации.

Учебная аудитория для текущего контроля и промежуточной аттестации – укомплектована специализированной (учебной) мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации.

Помещение для самостоятельной работы – укомплектовано специализированной (учебной) мебелью, оснащено компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечено доступом в электронную информационно-образовательную среду организации. Самостоятельная работа проводится в читальном зале библиотеки, а также в Бюро гидрологических прогнозов, укомплектованного: компьютерами, копировально-множительной техникой, мультимедиа оборудованием (переносные проектор, экран).

Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования Бюро гидрологических прогнозов – укомплектовано специализированной мебелью

10. Особенности освоения дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

Обучение обучающихся с ограниченными возможностями здоровья при необходимости осуществляется на основе адаптированной рабочей программы с использованием специальных методов обучения и дидактических материалов, составленных с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся (обучающегося).

При определении формы проведения занятий с обучающимся-инвалидом учитываются рекомендации, содержащиеся в индивидуальной программе реабилитации инвалида, относительно рекомендованных условий и видов труда.

При необходимости для обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья создаются специальные рабочие места с учетом нарушенных функций и ограничений жизнедеятельности.

11. Возможность применения электронного обучения и дистанционных образовательных технологий

Дисциплина может реализовываться с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий.