

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

Кафедра Инженерной гидрологии

Рабочая программа дисциплины

ДИНАМИКА И ТЕРМИКА ОЗЕР И ВОДОХРАНИЛИЩ

Основная профессиональная образовательная программа
высшего образования по направлению подготовки

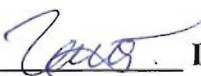
05.04.05 «Прикладная гидрометеорология»

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

Уровень:
Магистратура

Форма обучения
Очная/заочная

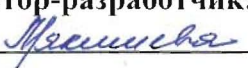
Согласовано
Руководитель ОПОП

 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:
 Мякишева Н.В.

1. Цель и задачи освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Динамика и термика озёр и водохранилищ» является специализированная подготовка студентов на степень «Магистр», способных самостоятельно изучать и анализировать закономерности динамических и термических процессов в озерах и водохранилищах с учётом как их пространственных масштабов (площади, глубины, объёма), так и разрабатывать методы исследований изменения лимнических экосистем под воздействием антропогенного фактора.

Задачи:

- освоение методов исследований термики и динамики разнотипных озёрных систем;
- приобретение навыков оперативного анализа термодинамических параметров озёр.

2. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы

Дисциплина «Динамика и термика озёр и водохранилищ» относится к дисциплинам по выбору части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1. Дисциплины (модули).

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

Для изучения данной дисциплины студенты должны освоить дисциплины бакалавриата: «Гидрология суши», «Физика».

Параллельно с дисциплиной «Динамика и термика озёр и водохранилищ» изучаются дисциплины по выбору: «Специальные главы гидрологии озёр и водохранилищ», «Гидрологические расчеты и прогнозы на озерах и водохранилищах», «Антропогенное воздействие на русловые процессы», «Экологические проблемы русловых процессов», «Взаимодействие поверхностных и подземных вод», «Гидравлические сопротивления речных русел», «Статистический и режимный контроль исходной информации», «Мониторинг гидролого-экологического состояния водных объектов».

Дисциплина «Динамика и термика озёр и водохранилищ» в числе других дисциплин служит основой при подготовке магистерской диссертации студента.

3. Перечень планируемых результатов обучения

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование компетенций: ПК-3

Таблица 1.

Профессиональные компетенции

Код и наименование профессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции	Результаты обучения
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> • основные силы, действующие на частицы воды в озере, исходные гидродинамические уравнения движений и их пространственные и временные масштабы; • основные понятия гидродинамики волновых движений поверхностных и внутренних волн и их спектральную структуру;

Код и наименование профессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции	Результаты обучения
		• способы описания горизонтальной и вертикальной турбулентности, современные методы и приемы оценки динамических и термических явлений в озёрах <i>Уметь:</i> • применять на практике методы и технологии анализа, расчета и моделирования состояния водных объектов <i>Владеть:</i> • терминологией; • методами исследования термических и динамических процессов в водоёмах.
	ПК-3.4. Дает экспертные консультации по различным оперативным вопросам, связанным с использованием или ограничением влияния гидрометеорологических факторов, в том числе водохозяйственных	<i>Знать:</i> • вопросы, связанные с использованием или ограничением влияния гидрометеорологических факторов <i>Уметь:</i> • оценить различные виды влияния динамических явлений в озёрах на их естественный режим, а также оценить, как влияют динамические явления на особенности антропогенной деятельности; определять зоны загрязнения, перемешивания и разбавления сточных вод • планировать водоохранные мероприятия с учётом динамических явлений в озерах и водохранилищах • дать рекомендации по уменьшению загрязнённости водного объекта в результате сбора сточных вод с учётом динамических явлений в озёрах <i>Владеть:</i> • различными оперативными вопросами, связанными с использованием или ограничением влияния гидрометеорологических факторов
	ПК-3.6. Проводит формализацию и реализацию решения прикладных задач гидрологии с использованием информационных и вычислительных систем и технологий	<i>Знать:</i> • критерии формализации и реализации решения прикладных задач гидрологии с использованием информационных и вычислительных систем и технологий <i>Уметь:</i> • проводить формализацию и реализацию решения прикладных задач гидрологии с использованием информационных и вычислительных систем и технологий <i>Владеть:</i> • методами и способами формализации и реализации решения прикладных задач гидрологии с использованием информационных и вычислительных систем и технологий

4. Структура и содержание дисциплины

4.1. Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 академических часа.

Таблица 2.

Объем дисциплины по видам учебных занятий в академических часах

Объём дисциплины	Всего часов	
	Очная форма обучения	Заочная форма обучения
Объем дисциплины	72	72
Контактная работа обучающихся с преподавателем (по видам аудиторных учебных занятий) – всего:	28	8
в том числе:	-	-
лекции	14	4
занятия семинарского типа:		
практические занятия	14	4
лабораторные занятия		
Самостоятельная работа (далее – СРС) – всего:	44	64
в том числе:	-	-
курсовая работа		
контрольная работа		
Вид промежуточной аттестации	зачет	зачет

4.2. Структура дисциплины

Таблица 3.

Структура дисциплины для очной формы обучения

№	Раздел / тема 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	Введение. Основные положения	4	2	2	10	Доклад на семинаре	ПК-3	ПК-3.1
2	Циркуляция (течения)	4	4	4	10	Доклад на семинаре	ПК-3	ПК-3.1 ПК-3.4 ПК-3.6
3	Волновые процессы	4	4	4	12	Доклад на семинаре	ПК-3	ПК-3.1 ПК-3.4 ПК-3.6
4	Турбулентность	4	4	4	12	Доклад на семинаре	ПК-3	ПК-3.1 ПК-3.4 ПК-3.6
ИТОГО		-	14	14	44	-	-	-

Таблица 4.

Структура дисциплины для заочной формы обучения

№	Раздел / тема 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	Введение. Основные положения	3	2	2	12	Доклад на семинаре	ПК-3	ПК-3.1
2	Циркуляция (течения)	3			12	Доклад на семинаре	ПК-3	ПК-3.1 ПК-3.4 ПК-3.6
3	Волновые процессы	3	2	2	20	Доклад на семинаре	ПК-3	ПК-3.1 ПК-3.4 ПК-3.6
4	Турбулентность	3			20	Доклад на семинаре	ПК-3	ПК-3.1 ПК-3.4 ПК-3.6
ИТОГО		-	4	4	64	-	-	-

4.3. Содержание разделов/тем дисциплины

1. Введение. Основные положения

Основные понятия и положения, используемые в курсе. Предмет и способ изучения динамических процессов в водных объектах, способы их описания. Исходные гидродинамические уравнения. Пространственные и временные масштабы движений. Стратификация. Обзор динамических процессов в озерах, их особенности.

2. Циркуляция (течения)

Основные силы, действующие на частицы воды в озере. Уравнения гидродинамики, характеристика их членов. Граничные и начальные условия. Обезразмеривание. Методы решения и оценки результатов. Классификация течений в озерах.

Ветровые течения. Теория Экмана для дрейфовых и градиентных течений. Полные потоки. Прибрежные диаграммы течений в условиях нагона и сгона. Усовершенствованные варианты модели Экмана. Интегральные модели Штокмана. Модель стационарной ветровой циркуляции Фельзенбаума. Установление ветровых течений.

Градиентные течения. Динамический метод расчета течений и его применение для расчета течений в озерах. Ограничения динамического метода.

Трехмерные модели динамики вод озер, учитывающие дрейфовую и градиентную составляющие. Основные уравнения. Примеры реализации.

Инерционные течения. Зависимость параметров инерционных течений от фонового (среднего) поля скорости.

Течения в зоне термобара. Прибрежные струйные течения. Оценка роли различных гидрофизических факторов в формировании прибрежной циркуляции.

Изменчивость течений и картин циркуляции. Спектральное описание и спектральная структура течений.

3. Волновые процессы

Основные понятия гидродинамики волновых движений. Возмущающая и восстанавливающая силы. Фазовая и групповая скорость. Дисперсия волн, дисперсионные кривые. Классификация волновых движений.

Капиллярные и гравитационные волны. Теория коротких и длинных волн. Волны в бассейне средней глубины. Орбитальные движения частиц воды.

Кинематика прогрессивных, стоячих и смешанных волн. Характерные особенности продольных и поперечных орбит в каждом типе волн. Энергосодержание волн. Уравнение баланса волновой энергии. Перенос энергии волнами, активная и реактивная мощность потока волновой энергии. Волновое действие.

Нелинейные эффекты в коротких и длинных волнах. Искажение волнового профиля на глубокой и мелкой воде. Волновой перенос массы при учете нелинейных эффектов. Кажущееся и реальное смещение среднего уровня.

Спектральная структура ветровых волн. Универсальный частотный спектр полностью развитого волнения. Основные волнообразующие факторы, роль ветрового разгона. Генерация и эволюция ветрового волнения. Спектральные характеристики зыби.

Волны в прибрежной зоне. Рефракция, дифракция, мелководные эффекты, захват волновой энергии на прибрежном мелководье. Отражение и интерференция волн.

Сейши в озерах. Продольные, поперечные и круговые сейши. Роль геометрических характеристик озера в формировании сейш. Расчет сейшевых колебаний. Влияние силы Кориолиса на сейши. Волны Кельвина и Пуанкаре. Влияние трения и затухание сейшевых

колебаний. Энергетические характеристики сейш.

Внутренние волны. Частота плавучести (Вяйсяля-Брента). Волны в слоистой жидкости. Внутренние волны Кельвина. Внутренние волны при непрерывной плотностной стратификации. Условия существования внутренних волн. Модовое и лучевое описание внутренних волн. Длинные и короткие внутренние волны.

4. Турбулентность

Явление турбулентности и способы ее описания. Различные масштабы турбулентности. Горизонтальная и вертикальная турбулентность.

Перемешивание и турбулентный обмен. Коэффициенты турбулентной вязкости и диффузии, их зависимость от масштаба движений. Распределение интенсивности турбулентного обмена по глубине. Мелкомасштабная турбулентность.

Спектральная структура турбулентных движений. Спектральные характеристики горизонтальной и вертикальной турбулентности в открытой части озера и в прибрежной зоне.

Генерация турбулентности и ее затухание (подавление). Источники энергии турбулентности. Факторы, приводящие к ее потерям. Оценки скорости диссипации турбулентной энергии.

Турбулентная диффузия примесей. Теоретическое описание и методы расчета. Экспериментальные оценки.

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	Динамические процессы в водных объектах, способы их описания	2	2
2	Классификация течений в озерах	2	2
2	Уравнения гидродинамики, характеристика их членов	2	2
3	Ветровые течения	2	2
3	Градиентные течения. Инерционные течения	2	2
4	Явление турбулентности	2	2
4	Влияние размера водоёма и распределения глубин на пространственную неравномерность распространения тепла. Трёхмерные модели динамики вод озёр	2	2

Содержание практических занятий для заочной формы обучения

№ темы дисциплины	Тематика практических занятий	Всего часов	В том числе часов практической подготовки
1	Динамические процессы в водных объектах, способы их описания	2	2
2	Уравнения гидродинамики, характеристика их членов		
3	Ветровые течения. Градиентные течения. Инерционные течения	2	2
4	Влияние размера водоёма и распределения глубин на пространственную неравномерность распространения тепла. Трёхмерные модели динамики вод озёр		

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

1. Тимофеева Л.А., Науменко М.А. Пространственное распределение температуры поверхности Ладожского озера в период открытой воды: средние и аномальные величины / ученые записки РГГМУ, № 7. 2008. – Электронный ресурс. Режим доступа: http://elibrshu.ru/files_books/pdf/7-4.pdf

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 - 60;
- максимальное количество баллов за посещение лекционных занятий - 10;
- максимальное количество баллов за прохождение промежуточной аттестации – 30.

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 – зачет.

Форма проведения зачета: устно.

Перечень вопросов для подготовки к зачету:

ПК-3

1. Пространственные и временные масштабы движений. Динамические процессы в озерах.
2. Ветровые течения. Теория Экмана.
3. Градиентные течения.
4. Инерционные течения.

5. Течения в зоне термобара.
6. Изменчивость течений и картин циркуляции.
7. Спектральное описание и спектральная структура течений.
8. Весенняя термическая зона(термобар) в крупных озёрах.
9. Классификация волновых движений к озёрах и водохранилищах.
10. Капиллярные и гравитационные волны. Орбитальные движения частиц воды
11. 11.Теория коротких и длинных волн. Волны в бассейне средней глубины.
12. 12.Основные волнообразующие факторы, роль ветрового разгона.
13. 13.Волны в прибрежной зоне.
14. Сейши в озерах. Продольные, поперечные и круговые сейши.
15. Внутренние волны. Частота плавучести (Вяйсяля-Брента).
16. Явление турбулентности и способы ее описания. Различные масштабы турбулентности. Горизонтальная и вертикальная турбулентность.
17. Перемешивание и турбулентный обмен. Коэффициенты турбулентной вязкости и диффузии, их зависимость от масштаба движений.
18. Распределение интенсивности турбулентного обмена по глубине.
19. Спектральная структура турбулентных движений. Спектральные характеристики горизонтальной и вертикальной турбулентности в открытой части озера и в прибрежной зоне.
20. Источники энергии турбулентности. Генерация турбулентности и ее затухание (подавление).
21. 21.Турбулентная диффузия примесей. Теоретическое описание и методы расчета. Экспериментальные оценки.
22. 22.Сезонный ход термических характеристик водоёма.
23. Вертикальная устойчивость водной толщи.
24. Климатические характеристики теплового состояния водоёмов. Влияние на них распределения глубин.
25. Теплосодержание озера. Методики его расчёта.
26. Зимний термический режим озёр умеренной климатической зоны.
27. Тепловой баланс озёр и водохранилищ.
28. Влияние широты места на изменения термического состояния озера в течение года.

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
Доклады на семинаре	0-60
Промежуточная аттестация	0-30
ИТОГО	0-100

Минимальное количество баллов для допуска до промежуточной аттестации составляет 60 баллов при условии выполнения всех видов текущего контроля.

Таблица 8.

Балльная шкала итоговой оценки на зачете

Оценка	Баллы
Зачтено	60-100
Незачтено	0-59

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 «Динамика и термика озёр и водохранилищ».

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

8.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная литература

1. *Тимофеева Л.А., Науменко М.А.* Пространственное распределение температуры поверхности Ладожского озера в период открытой воды: средние и аномальные величины / Ученые записки РГГМУ, № 7. 2008. – Электронный ресурс. Режим доступа: http://elib.rshu.ru/files_books/pdf/7-4.pdf

Дополнительная литература

1. *Адаменко В.Н.* Климат и озера. - Л., Гидрометеиздат, 1985, 264 с.
2. *Лабзовский Н. А.* Расчет элементов волн в озерах и водохранилищах. - Тр. ГГИ, 1976. — вып. 231. — с. 126-143.
3. *Богословский Б.Б.* Озероведение. - М., 1960. 335 с.
4. *Филатов Н.Н.* Динамика озёр. — Л.: Гидрометеиздат, 1983.
5. *Тихомиров А.И.* Термика крупных озёр. Л., Наука, 1982, 232 с.
6. *Ротатова Т.В., Филатова Т.Н.* Динамический метод и его применение для исследования течений во внутренних водоемах. - Тр.ГГИ, 1973. — вып. 203. — с. 80 -124.
7. *Луховицкий О. Л., Титов В. С., Филатов Н. Н.* Изменчивость циркуляции вод Ладожского озера. — В кн.: "Изменчивость геофизических полей в озерах". — Л.: Наука, 1978. — с. 147-161.
8. *Волкова Г.В., Квон В.И., Филатова Т.Н.* Численное моделирование ветровых течений в Чудском озере. - Водные ресурсы, 1981. — №3. — с. 91-98.
9. *Кротова В. А.* Геострофическая циркуляция вод Байкала в период прямой термической стратификации. — В кн.: "Труды лимнологического института АН СССР. Т. 14(34) Течения и диффузия вод Байкала". — Л.: Наука, 1979. — с. 11-44.
10. Круговорот вещества и энергии в озерных водоемах. — Новосибирск: Наука, 1975. — 475 с.
11. *Зайцев Л. В., Карпова И. П., Филатов Н. Н.* Моделирование вертикального турбулентного обмена. — В кн.: "Термодинамические процессы в глубоких озерах". — Л.: Наука, 1981. — с. 141-152.
12. *Лабзовский Н. А.* Турбулентная диффузия в озерах. — В кн.: "Изменчивость гидрофизических полей в озерах". — Л.: Наука, 1978. — с. 117-146.
13. *Лабзовский Н. А.* Расчет элементов волн в озерах и водохранилищах. - Тр. ГГИ, 1976. — вып. 231. — с. 126-143.
14. *Воронцов Ф.Ф.* Волнение в Ладожском озере. — В кн.: "Труды ЛГУ. Лаборатория озероведения Т.20. Гидрологический режим и водный баланс Ладожского озера". — Л.: Изд. ЛГУ, 1966. — с. 247-264.
15. *Анисимова Е. П., Сперанская А. А.* Турбулентность в стратифицированных потоках. — В кн.: "Материалы международного симпозиума по стратифицированным течениям". — Новосибирск, 1972. — 8 с.
16. *Верболов В. И.* О коэффициентах горизонтального макротурбулентного обмена в прибрежной зоне южного Байкала. - Тр. Лимнологич. ин-та СО АН СССР, 1979. — т. 14(34). — с. 122-132.

8.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

1. Издания Государственного гидрологического института. Режим доступа: <http://www.hydrology.ru/izdaniya-ggi-0>
2. Руководство по гидрологической практике (ВМО-№ 168). Режим доступа: http://www.whycos.org/hwrrp/guide/index_ru.php
3. ГОСТ 19179-73. Гидрология суши. Термины и определения. Режим доступа: http://standartgost.ru/g/%D0%93%D0%9E%D0%A1%D0%A2_19179-73

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 «Znanium». Режим доступа: <http://znanium.com/>
4. ЭБС «Перспектива Науки». Режим доступа: <http://www.prospektnauki.ru/>
5. Электронно-библиотечная система elibrary. Режим доступа: <https://elibrary.ru/>
6. Российская государственная библиотека. Режим доступа: <http://www.rsl.ru/>

8.5. Перечень профессиональных баз данных

1. Электронно-библиотечная система elibrary;
2. Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – Мировой центр данных. Режим доступа: <http://meteo.ru/>

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 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 лаборатории гидрологических расчетов, укомплектованной: компьютерами, копировально-множительной техникой, мультимедиа оборудованием (переносные проектор, экран).

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.

Рассмотрено и рекомендовано к использованию в учебном процессе на 2022/2023 учебный год без изменений.

Протокол заседания кафедры инженерной гидрологии от 21.06.2022 № 11