

Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**СОГЛАСОВАНО**

**Заведующий кафедрой**

**Базовая кафедра**  
**вычислительных и**  
**информационных технологий**  
**(ВиИТ\_ФМиИ)**

наименование кафедры  
подпись, инициалы, фамилия

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

институт, реализующий ОП ВО

**УТВЕРЖДАЮ**

**Заведующий кафедрой**

**Базовая кафедра вычислительных**  
**и информационных технологий**  
**(ВиИТ\_ФМиИ)**

наименование кафедры

**д.ф.-м.н., профессор Шайдуров**  
**В.В.**

подпись, инициалы, фамилия

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

институт, реализующий дисциплину

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ**  
**МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОДНЫХ**  
**ЭКОСИСТЕМ**

Дисциплина Б1.В.02 Математическое моделирование водных экосистем

Направление подготовки / 02.04.01 Математика и компьютерные науки  
специальность Магистрская программа 02.04.01.01

Направленность  
(профиль)

Математическое и компьютерное

Форма обучения

очная

Год набора

2021

Красноярск 2021

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования с учетом профессиональных стандартов по укрупненной группе

020000 «КОМПЬЮТЕРНЫЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ НАУКИ»

---

Направление подготовки /специальность (профиль/специализация)

Направление 02.04.01 Математика и компьютерные науки

Магистрская программа 02.04.01.01 Математическое и компьютерное моделирование

---

Программу  
составили

к.ф.-м.н., доцент, Компаниец Л.А.

---

## 1 Цели и задачи изучения дисциплины

### 1.1 Цель преподавания дисциплины

Целью изучения дисциплины является: формирование у студентов знаний о методологии математического моделирования при исследовании биологических и экологических систем.

### 1.2 Задачи изучения дисциплины

Задачей изучения дисциплины является: получение теоретических знаний о системном подходе к решению задач, классах задач математической биологии и экологии, математическом аппарате, базовых и имитационных моделях; получение практических навыков построения математических моделей экосистем.

1.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

<b>ПК-5:Способен создавать и исследовать новые математические модели в естественных науках, промышленности и бизнесе, с учетом возможностей современных информационных технологий, программирования и компьютерной техники</b>	
Уровень 1	- современные информационные технологии, информационные системы и ресурсы в области профессиональной деятельности; - основные понятия и методы математического моделирования;
Уровень 1	- разрабатывать и анализировать модели функционирования объектов и процессов; - разрабатывать математические и информационные модели и алгоритмы для решения прикладных задач; - адаптировать задачи из различных областей науки и практики для представления их в терминах дисциплины с использованием современного математического аппарата и информационных технологий;
Уровень 1	- навыками разработки алгоритмов для решения поставленных научных и практических задач профессиональной деятельности; - навыками применения информационно технологий для задач профессиональной деятельности; - навыками интерпретации результатов проведенного исследования при решении поставленных задач;

1.4 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Математическое моделирование водных экосистем» согласно учебному плану входит в число обязательных дисциплин профессионального цикла (Б1.В.ОД.4) по направлению 02.04.01 «Математика и компьютерные науки».

Дисциплина изучается во втором семестре магистратуры и продолжает формирование профессиональных компетенций студента. Дисциплина «Математическое моделирование водных экосистем» является обязательной дисциплиной вариативной части магистерской программы.

При изучении дисциплины «Математическое моделирование водных экосистем» студенты, в соответствии с квалификационной характеристикой, должны использовать знания, полученные при изучении следующих дисциплин бакалаврской программы:

- Дифференциальные уравнения;
- Уравнения математической физики;
- Математическое моделирование;
- Математические основы механики сплошных сред;
- Механика жидкости и газа;
- Численные методы;
- Языки и методы программирования.

Результаты освоения дисциплины «Математическое моделирование водных экосистем» могут быть использованы в дальнейшем при изучении дисциплин

- «Компьютерные методы решения задач математической физики»
- «Разностные методы решения многомерных задач механики сплошных сред»

Компьютерные методы решения задач математической физики  
Разностные методы решения многомерных задач механики сплошной среды

1.5 Особенности реализации дисциплины

Язык реализации дисциплины Русский.

Дисциплина (модуль) реализуется без применения ЭО и ДОТ.

## 2. Объем дисциплины (модуля)

Вид учебной работы	Всего, зачетных единиц (акад.час)	Семестр
		2
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>7 (252)</b>	<b>7 (252)</b>
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>1,42 (51)</b>	<b>1,42 (51)</b>
занятия лекционного типа	0,47 (17)	0,47 (17)
занятия семинарского типа		
в том числе: семинары		
практические занятия	0,94 (34)	0,94 (34)
практикумы		
лабораторные работы		
другие виды контактной работы		
в том числе: групповые консультации		
индивидуальные консультации		
иная внеаудиторная контактная работа:		
групповые занятия		
индивидуальные занятия		
<b>Самостоятельная работа обучающихся:</b>	<b>4,58 (165)</b>	<b>4,58 (165)</b>
изучение теоретического курса (ТО)		
расчетно-графические задания, задачи (РГЗ)		
реферат, эссе (Р)		
курсовое проектирование (КП)	Нет	Нет
курсовая работа (КР)	Нет	Нет
<b>Промежуточная аттестация (Экзамен)</b>	<b>1 (36)</b>	<b>1 (36)</b>

### 3 Содержание дисциплины (модуля)

#### 3.1 Разделы дисциплины и виды занятий (тематический план занятий)

№ п/п	Модули, темы (разделы) дисциплины	Занятия лекционного типа (акад. час)	Занятия семинарского типа		Самостоятельная работа, (акад. час)	Формируемые компетенции
			Семинары и/или Практические занятия (акад. час)	Лабораторные работы и/или Практикумы (акад. час)		
1	2	3	4	5	6	7
1	Методология математического моделирования.	2	2	0	0	
2	Упрощенные математические модели гидрофизики.	5	10	0	0	
3	Простейшие модели математической биологии.	4	6	0	0	
4	Математический аппарат задач экологии. Численные методы решения.	3	8	0	0	
5	Математический аппарат задач экологии. Численные методы решения.	3	8	0	165	
Всего		17	34	0	165	

#### 3.2 Занятия лекционного типа

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование занятий	Объем в акад. часах		
			Всего	в том числе, в инновационной форме	в том числе, в электронной форме

1	1	1.1. Понятие математической модели. Цели и задачи математического моделирования. Этапы моделирования. Схема построения модели.	1	0	0
2	1	1.2. Роль математического моделирования при изучении водных экосистем. Триада А.А. Самарского.	1	0	0
3	2	2.1. Основные уравнения температурно-стратифицированных течений в водоеме.	1	0	0
4	2	2.2. Различные упрощения и варианты основных уравнений гидрофизики. Уравнения мелкой воды.	1	0	0
5	2	2.3. Аналитические решения задач ветрового движения вязкой однородной жидкости в замкнутом водоеме (двумерное течение).	1	0	0
6	2	2.4. Аналитические решения задач ветрового движения вязкой однородной жидкости в замкнутом водоеме (трехмерное движение).	1	0	0
7	2	2.5. Модель Экмана в задачах гидрофизики озер.	1	0	0

8	3	3.1. Основные свойства воды, определяющие функционирование водных экосистем. Вертикальная однородность водных экосистем. Свет как основной источник энергии и его проникновение в водную толщу	1	0	0
9	3	3.2. Биогенные элементы. Круговорот биогенных элементов.	1	0	0
10	3	3.3. Многообразие водных экосистем. Водохранилища	1	0	0
11	3	3.4. Трофическая структура водных экосистем: бактерии, фитопланктон, зоопланктон, рыбы. Концепции линейной и микробиальной трофической цепи	1	0	0
12	4	4.1. Понятие имитационной модели. Достоинства и недостатки. Задачи имитационного моделирования	1	0	0
13	4	4.2. Численные методы решения задач экологии. Пакеты программ и GETM и GOTM	1	0	0
14	4	4.3. Численная идентификация коэффициентов математической модели экосистемы водоема	1	0	0
15	5	5.1. Точечные математические модели экосистем водоёмов.	1	0	0
16	5	5.2 Одномерные и многомерные модели экосистемы водохранилищ.	1	0	0

17	5	5.3 Экология озёр и водохранилищ. Качество воды. Эвтрофирование. Управление природными ресурсами.	1	0	0
			17	0	0

### 3.3 Занятия семинарского типа

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование занятий	Объем в акад. часах		
			Всего	в том числе, в инновационной форме	в том числе, в электронной форме
1	1	1.1. Этапы математического моделирования.	2	0	0
2	2	2.1. Вывод основных уравнений геофизической гидродинамики.	2	0	0
3	2	2.2. Параметризация основных определяющих величин	2	0	0
4	2	2.3. Аналитические решения для двумерных в вертикальной плоскости течений однородной и неоднородной жидкости.	2	0	0
5	2	2.4. Аналитические решения для трехмерных течений однородной и неоднородной жидкости	2	0	0
6	2	2.5. Аналитические решения для двумерных в вертикальной плоскости и трехмерных течений однородной жидкости в рамках модели Экмана	2	0	0
7	3	3.1. Исследование уравнений Ферхюльста, моделей Моно и Михаэлиса. Лотки и Вольтерра и их модификаций	3	0	0
8	3	3.2. Модели взаимодействия химических и биологических веществ в озере Шира	3	0	0

9	4	4.1. Основные понятия теории разностных схем. Численные методы решения уравнений переноса-диффузии примеси	4	0	0
10	4	4.2. Численная идентификация коэффициентов математической модели экосистемы водоема	4	0	0
11	5	5.1. Численная модель вертикального распределения химических и биологических веществ в озере Шира	4	0	0
12	5	5.2. Численная модель экологического состояния Красноярского водохранилища	4	0	0
Всего			24	0	0

### 3.4 Лабораторные занятия

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование занятий	Объем в акад. часах		
			Всего	в том числе, в инновационной форме	в том числе, в электронной форме
Всего					

## 4 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л1.1	Компаниец Л.А.	Математическое моделирование водных экосистем: [учеб-метод. материалы к изучению дисциплины для ...02.04.01.01 Математическое и компьютерное моделирование]	Красноярск: СФУ, 2017

## 5 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Оценочные средства находятся в приложении к рабочим программам дисциплин.

**6 Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)**

6.1. Основная литература			
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л1.1	Зализняк В.Е.	Численные методы. Основы научных вычислений: учеб. пособие для бакалавров по спец. (напр.) подг. 010501 (010500.62) "Прикладная математика и информатика"	Москва: Юрайт, 2012
Л1.2	Компаниец Л. А., Якубайлик Т. В., Гаврилова Л. В., Володько О. С.	Аналитические решения для задач стационарного ветрового движения жидкости: монография	Красноярск: СФУ, 2012
Л1.3	Гаврилова Л. В., Компаниец Л. А., Распопов В. Е.	Математическое моделирование водных экосистем: учебное пособие	Красноярск: СФУ, 2016
6.2. Дополнительная литература			
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л2.1	Бигон М., Харпер Д. Л., Таунсенд К. Р., Гиляров А. М.	Экология. Особи, популяции и сообщества: Т. 1: в 2-х томах : перевод с английского	Москва: Мир, 1989
Л2.2	Бигон М., Харпер Д. Л., Таунсенд К. Р., Гиляров А. М.	Экология. Особи, популяции и сообщества: Т. 2: в 2-х томах : перевод с английского	Москва: Мир, 1989
Л2.3	Белолипецкий В. М.	Механика жидкости и газа: учебное пособие	Красноярск: Красноярский университет [КрасГУ], 2006
Л2.4	Сербина Л. И., Нахушев А. М.	Нелокальные математические модели переноса в водоносных системах: монография	Москва: Наука, 2007
Л2.5	Джефферс Д., Свирежев Ю. М.	Введение в системный анализ: применение в экологии: перевод с английского	Москва: Мир, 1981
Л2.6	Федоров В. Д., Гильманов Т. Г.	Экология: учебник для биологических специальностей университетов	Москва: МГУ им. М. В. Ломоносова, 1980
Л2.7	Йоргенсен С. Э.	Управление озерными системами: перевод с английского	Москва: Агропромиздат, 1985

Л2.8	Белолипецкий П. В.	Численное моделирование гидрофизических процессов в стратифицированных озерах: автореферат диссертации ... кандидата физико-математических наук	Новосибирск: Б. и., 2008
Л2.9	Гладышев М. И.	Экологическая биофизика водных систем: конспект лекций [для студентов программы подгот. 020400.68.04 «Гидробиология и ихтиология»]	Красноярск: СФУ, 2013
Л2.10	Вержбицкий В. М.	Основы численных методов: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки 231300 «Прикладная математика»	Москва: Директ-Медиа, 2013
Л2.11	Якубайлик Т. В., Компаниец Л. А.	Комплексная система моделирования гидрофизических характеристик замкнутых соленых стратифицированных озер (на примере озера Шира): автореферат дис. ... канд. физ.-мат. наук	Новосибирск, 2014
Л2.12	Рогозин Д. Ю., Дегерменджи А. Г.	Закономерности стратификации и пространственная динамика фототрофных серных бактерий в меромиктических озерах Хакасии: автореферат дис. ... д-ра биол. наук	Красноярск, 2015
Л2.13	Марчук Г. И.	Математическое моделирование в проблеме окружающей среды: монография	Москва: Наука. Главная редакция физико-математической литературы [Физматлит], 1982
<b>6.3. Методические разработки</b>			
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л3.1	Компаниец Л.А.	Математическое моделирование водных экосистем: [учеб-метод. материалы к изучению дисциплины для ...02.04.01.01 Математическое и компьютерное моделирование]	Красноярск: СФУ, 2017

## **7 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

Э1	Вода. Материал из Википедии — свободной энциклопедии. [Электронный ресурс]	<a href="https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%BE%D0%B4%D0%B0">https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%BE%D0%B4%D0%B0</a>
Э2	Рогозин Д.Ю. Закономерности стратификации и пространственная динамика фототрофных серных	<a href="http://elib.sfu-kras.ru/bitstream/2311/16541/1/DissertaciyaRogozin.pdf">http://elib.sfu-kras.ru/bitstream/2311/16541/1/DissertaciyaRogozin.pdf</a>

	бактерий в меромиктических озерах Хакасии. Диссертация на соискание степени доктора биологических наук, 2014.	
--	---	--

## **8 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

Лекционный курс включает в себя все темы, перечисленные в структуре курса.

Курс в большей степени основан на классических учебниках и монографиях, особенно в части, связанной с темой «Математическое моделирование» и «Численные методы». Остальные части предполагают использование современных источников. Изложение лекций предполагает диалог со слушателями. В начале каждой лекции выделяется 10 минут для напоминания содержания предыдущей лекции и ответов на вопросы студентов. В конце лекции также выделяется 5 минут для ответа на вопросы по текущему материалу.

Дополнительно магистр может получить разъяснения по электронной почте.

Лекционный материал сочетается с проведением семинарских занятий. На семинарских занятиях магистры обучаются применению теоретических знаний к решению конкретных задач. Занятия проходят в форме активного общения магистров с преподавателем путем обсуждения и применения методов и алгоритмов решения задач, физического осмысления полученных результатов. Семинарские занятия ориентируют магистров в современных направлениях научных исследований.

Самостоятельная работа магистра состоит в углубленном изучении лекционного и практического материала на основе приложенного списка литературы.

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации в зависимости от нозологии:

Для лиц с нарушениями зрения:

– в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

– в печатной форме,

– в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

– в печатной форме,

– в форме электронного документа

## **9 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю) (при необходимости)**

### **9.1 Перечень необходимого программного обеспечения**

9.1.1	Программное обеспечение для демонстрации слайд-презентации.
9.1.2	Учебная и научная литература по курсу. Компьютерные демонстрации, связанные с программой курса, компьютерные демонстрации, технические возможности для их просмотра и прослушивания. Свободный доступ в Интернет, наличие компьютерных программ общего назначения.
9.1.3	Операционные системы: семейства Windows (не ниже Windows XP).

### **9.2 Перечень необходимых информационных справочных систем**

9.2.1	Не требуются
-------	--------------

## **10 Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

Методика проведения занятий допускает как использование технических средств (проекторы, интерактивные доски), так и классические аудиторные занятия, обеспечиваемые стандартными материально-техническими средствами.

1. Лекционные аудитории должны быть оборудованы современным видеопроекционным оборудованием для презентаций, средствами звуковоспроизведения, экраном, и иметь выход в Интернет, а также иметь интерактивную доску или доску для письма маркерами.

2. Помещения для проведения семинарских занятий должны иметь мультимедийное оборудование, а также иметь интерактивную доску или доску для письма маркерами, учебную мебель.

3. Библиотека должна иметь рабочие места для студентов, оснащенные компьютерами с доступом к базам данных, локальную сеть университета и Интернет.

4. Наглядные пособия:

а) демонстрационные пособия (таблицы, схемы, графики, диаграммы, видеофрагменты);

б) пособия на основе раздаточного материала (карточки с заданиями и задачами, ксерокопии фрагментов первоисточников);

в) электронные презентации.

Освоение дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья, в зависимости от нозологий, осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.