

**Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Московский физико-технический институт  
(национальный исследовательский университет)»**

**УТВЕРЖДЕНО**

**Директор физтех-школы  
прикладной математики и  
информатики**

**А.М. Райгородский**

	<b>Рабочая программа дисциплины (модуля)</b>
<b>по дисциплине:</b>	Прикладные технологии в геофизике и биоматематике
<b>по направлению:</b>	Информатика и вычислительная техника
<b>профиль подготовки:</b>	Прикладная математика и информатика Физтех-школа Прикладной Математики и Информатики кафедра вычислительных технологий и моделирования в геофизике и биоматематике
<b>курс:</b>	2
<b>квалификация:</b>	магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 3 (осенний) - Дифференцированный зачет

Аудиторных часов: 30 всего, в том числе:

лекции: 15 час.

семинары: 15 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 60 час.

Всего часов: 90, всего зач. ед.: 2

Программу составили:

Р.Ю. Фадеев, канд. физ.-мат. наук

В.Ю. Саламатова, канд. физ.-мат. наук

Программа обсуждена на заседании кафедры вычислительных технологий и моделирования в геофизике и биоматематике 15.03.2024

## Аннотация

Курс включает изучение современных прикладных технологий, используемых при решении задач геофизической гидродинамики и биоматематики. изучение современных методов и технологий, применяющихся при решении задач математического моделирования в иммунологии, эпидемиологии, медицине, биомеханике, прогнозе погоды, прогнозе состояния океана и будущего климата Земли.

Курс содержит решение практических задач для освоения подходов с помощью современных специализированных программ, разработанных в ИВМ РАН и находящихся в открытом доступе.

### 1. Цели и задачи

#### Цель дисциплины

- изучение современных прикладных технологий, используемых при решении задач геофизической гидродинамики и биоматематики.

#### Задачи дисциплины

- знакомство с современными методами и технологиями при решении задач математического моделирования в иммунологии, эпидемиологии, медицине, биомеханике, прогнозе погоды, прогнозе состояния океана и будущего климата Земли.
- решение практических задач для освоения подходов с помощью современных специализированных программ, находящихся в открытом доступе.

### 2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ПК-2 Понимает и способен применить в научно-исследовательской и прикладной деятельности основные законы естествознания, современный математический аппарат и алгоритмы, современные информационно-коммуникационные технологии	ПК-2.1 Знает основы научно-исследовательской деятельности в области информационных технологий, владеет знанием основ философии и методологии науки; знанием методов научных исследований и навыками их проведения
	ПК-2.2 Умеет применять полученные знания в области фундаментальных научных основ теории информации и решать стандартные задачи в собственной научно-исследовательской деятельности
	ПК-2.3 Имеет практический опыт научно-исследовательской деятельности в области информационно-коммуникационных технологий
	ПК-2.4 Владеет методами и алгоритмами решения задач цифровой обработки сигналов, использования сети Интернет, аннотирования, реферирования, библиографического поиска, опыт работы с научными источниками
ПК-3 Владеет навыками участия в научных дискуссиях, выступления с сообщениями и докладами устного, письменного и виртуального (размещение в информационных сетях) характера, представления материалов собственных исследований	ПК-3.1 Знает основы ведения научной дискуссии и формы устного научного высказывания
	ПК-3.2 Умеет вести корректную дискуссию в области информационных технологий задавать вопросы и отвечать на поставленные вопросы по теме научной работы
	ПК-3.3 Имеет практический опыт участия в научных студенческих конференциях, очных, виртуальных, заочных обсуждениях научных проблем в области информационных технологий

ПК-1 Готов к включению в профессиональное сообщество; способен проводить под научным руководством локальные исследования на основе существующих методов в конкретной области профессиональной деятельности	ПК-1.1 Знает принципы построения научной работы, методы сбора и анализа полученного материала, способы аргументации; владеет навыками подготовки научных обзоров, публикаций, рефератов и библиографий по тематике проводимых исследований на русском и английском языке
	ПК-1.2 Умеет решать научные задачи с пониманием существующих подходов к верификации моделей программного обеспечения в связи с поставленной целью и в соответствии с выбранной методикой
	ПК-1.3 Имеет практический опыт выступлений и научной аргументации при анализе объекта научной и профессиональной деятельности

### 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- строение и принципы функционирования иммунной системы;
- методологию построения математических моделей иммунных процессов и инфекционных заболеваний;
- особенности калибровки математических моделей иммунных процессов по реальным данным;
- требования к построению многоуровневых мульти-физических моделей иммунных процессов;
- методы моделирования активного перемещения клеток с учетом их формы и взаимодействий;
- критерии оценки клинической эффективности лекарственных препаратов;
- подходы к построению агентных моделей;
- методы сегментации медицинских изображений;
- строение и принципы функционирования опорно-двигательного аппарата;
- технологию прогноза погоды и усвоения данных наблюдений;
- технологию оперативной океанографии;
- методологию прогнозирования будущего состояния климата Земной системы.

уметь:

- эффективно использовать на практике теоретические компоненты науки: понятия, суждения, умозаключения, законы;
- пользоваться справочной литературой научного и прикладного характера для быстрого поиска необходимых математических, физических и биологических данных и понятий.

владеть:

- навыками самостоятельной работы с научной литературой по применению математического моделирования в науках о жизни и с современными источниками информации (научные статьи, интернет);
- навыками освоения большого объема информации;
- культурой постановки и исследования задач моделирования в геофизике и биоматематике с использованием современных вычислительных технологий решения прямых и обратных задач.
- навыками практического решения прикладных задач математического моделирования в иммунологии, эпидемиологии, медицине и биомеханике.

### 4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

#### 4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.
--	---

№	Тема (раздел) дисциплины	Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа
1	Разработка вычислительных алгоритмов решения коэффициентных обратных задач. Компьютерные модели пространственной миграции клеток. Вычислительная геометрия лимфатического узла (OPEN CASCADE, Blender).	5	5		20
2	Оценки клинической эффективности. Агентные модели распространения инфекционных заболеваний. Создание персонализированной геометрической модели. Биомеханическое моделирование опорно-двигательного аппарата. Моделирование климата Земной системы.	5	5		20
3	Методы вариационной ассимиляции данных. Численный прогноз погоды. Моделирование вод Мирового океана.	5	5		20
Итого часов		15	15		60
Подготовка к экзамену		0 час.			
Общая трудоёмкость		90 час., 2 зач.ед.			

#### 4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Семестр: 3 (Осенний)

1. Разработка вычислительных алгоритмов решения коэффициентных обратных задач. Компьютерные модели пространственной миграции клеток. Вычислительная геометрия лимфатического узла (OPEN CASCADE, Blender).

Разработка вычислительных алгоритмов решения коэффициентных обратных задач на основе алгоритмов MATLAB/Python. Обучение практическим навыкам идентификации моделей иммунологии.

Компьютерные модели пространственной миграции клеток (агентные модели, модели Поттса) на языке C++. Обучение методам моделирования активного перемещения клеток с учетом их формы и взаимодействий.

Вычислительная геометрия лимфатического узла (OPEN CASCADE, Blender).

Знакомство со средствами 3D проектирования и визуализации моделей ЛУ на основе набора примитивов, соответствующих его структурным компонентам.

2. Оценки клинической эффективности. Агентные модели распространения инфекционных заболеваний. Создание персонализированной геометрической модели. Биомеханическое моделирование опорно-двигательного аппарата. Моделирование климата Земной системы.

Технология оценки клинической эффективности лекарственных препаратов.

Подход на основе марковских моделей динамики болезни и оценки груза болезни. Методология оценки величин индексов QALY и DALY.

Агентные модели распространения инфекционных заболеваний. Принципы построения и исследования агентных моделей эпидемических процессов. Учет вариации иммунного ответа, поведенческих и социальных паттернов.

Преимущества и проблемы агентного моделирования.

Изучение программного инструментария для сегментации трехмерных медицинских изображений; сегментирование заданных органов в предоставленных медицинских изображениях; сравнение результатов сегментирования с референтными данными

Изучение программного инструментария для построения моделей опорно-двигательного аппарата. Построение моделей отдельных суставов тела человека.

Обсуждаются основные принципы численного моделирования Земной климатической системы с целью прогноза ее будущего состояния. Рассматривается технология выделения сигнала на воздействия и шума в ансамбле уже сосчитанных экспериментов с моделью климата ИВМ РАН.

3. Методы вариационной ассимиляции данных. Численный прогноз погоды. Моделирование вод Мирового океана.

Рассматривается методология вариационной ассимиляции данных для моделей гидротермодинамики морей и океанов.

Обсуждается история становления технологии численного прогноза погоды, виды численного прогноза погоды. На примере оперативной версии модели ПЛАВ ИВМ РАН и Гидрометцентра России рассматривается современная технология прогноза погоды и основные компоненты вычислительной модели.

Рассматривается современная методология численного расчета состояния вод Мирового океана с применением компьютеров с массивно-параллельной архитектурой.

## 5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Доска, ноутбук и мультимедийное оборудование (проектор или плазменная панель).

## 6. Перечень рекомендуемой литературы

### Основная литература

1. Ризниченко, Г. Ю. (2002). Лекции по математическим моделям в биологии. [http://chembaby.com/wp-content/uploads/2015/12/Bioinformatika\\_Riznichenko\\_-\\_Lektsii.pdf](http://chembaby.com/wp-content/uploads/2015/12/Bioinformatika_Riznichenko_-_Lektsii.pdf)
2. В. В. Емельянов, В. М. Курейчик, В. В. Курейчик Теория и практика эволюционного моделирования : [монография] — Научное изд. — М. : Физматлит, 2003 .— 432 с. — (Проблемы искусственного интеллекта). - Библиогр.: с. 416-426. - Предм. указ.: с. 427-431. - 300 экз. - ISBN 5-9221-0337-7 (в пер.)
3. Й. Бард Нелинейное оценивание параметров (Nonlinear parameter estimation); пер. с англ. В. С. Дуженко ; под ред. и с предисл. В. Г. Горского .— М. : Статистика, 1979 .— 352 с. — (Математико-статистические методы за рубежом). - Библиогр.: с. 328-336. - Имен. указ.: с. 338-339. - Предмет. указ.: с. 340-343. - 6000 экз.)
4. А. Гилл Динамика атмосферы и океана. В 2 т. Т. 1 / пер. с англ. В. Э. Рябикина, А. Н. Филатова ; под ред. Г. П. Курбаткина .— [Научное изд.] .— М. : Мир, 1986 .— 397 с. : ил. - 2600 экз. (в пер.).

### Дополнительная литература

1. Robert B. Banks. Growth and Diffusion Phenomena. Springer Verlag. 1994.
2. D.H. Anderson (1983) Compartmental Modeling and Tracer Kinetics, Lecture Notes in Bio-mathematics, 50. Springer-Verlag, Berlin
3. Льюнг Л. Идентификация систем. Теория для пользователя: Пер. с англ. / Под ред. Я.З. Цыпкина. - М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1991. - 432 с.
4. Holton J.R. An introduction to dynamic meteorology. - Academic Press; 5 edition. 552 P.

## 7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

1. <https://models.physiomeproject.org/welcome>
2. <http://www1.maths.leeds.ac.uk/applied/QUANTI/>

3. <https://opensim.stanford.edu/>
4. <http://www.itksnap.org/pmwiki/pmwiki.php>

## **8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

1. <https://models.physiomeproject.org/welcome>
2. <http://www1.maths.leeds.ac.uk/applied/QUANTI/>
3. <https://opensim.stanford.edu/>
4. <http://www.itksnap.org/pmwiki/pmwiki.php>

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

Студент, изучающий дисциплину, должен с одной стороны, овладеть общим понятийным аппаратом, а с другой стороны, должен научиться применять теоретические знания на практике. В результате изучения дисциплины студент должен знать основные определения, понятия, аксиомы, алгоритмы.

Успешное освоение курса требует напряжённой самостоятельной работы студента. В программе курса приведено минимально необходимое время для работы студента над темой. Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение и конспектирование рекомендованной литературы,
- проработку учебного материала (по конспектам лекций, учебной и научной литературе), подготовку ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения, доказательство отдельных утверждений, свойств;
- подготовку к дифференцированному зачету.

Руководство и контроль за самостоятельной работой студента осуществляется в форме индивидуальных консультаций.

Важно добиться понимания изучаемого материала, а не механического его запоминания. При затруднении изучения отдельных тем, вопросов, следует обращаться за консультациями к лектору.

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

<b>по направлению:</b>	Информатика и вычислительная техника
<b>профиль подготовки:</b>	Прикладная математика и информатика Физтех-школа Прикладной Математики и Информатики кафедра вычислительных технологий и моделирования в геофизике и биоматематике
<b>курс:</b>	<u>2</u>
<b>квалификация:</b>	магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 3 (осенний) - Дифференцированный зачет

**Разработчики:**

Р.Ю. Фадеев, канд. физ.-мат. наук

В.Ю. Саламатова, канд. физ.-мат. наук

## 1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ПК-2 Понимает и способен применить в научно-исследовательской и прикладной деятельности основные законы естествознания, современный математический аппарат и алгоритмы, современные информационно-коммуникационные технологии	ПК-2.1 Знает основы научно-исследовательской деятельности в области информационных технологий, владеет знанием основ философии и методологии науки; знанием методов научных исследований и навыками их проведения
	ПК-2.2 Умеет применять полученные знания в области фундаментальных научных основ теории информации и решать стандартные задачи в собственной научно-исследовательской деятельности
	ПК-2.3 Имеет практический опыт научно-исследовательской деятельности в области информационно-коммуникационных технологий
	ПК-2.4 Владеет методами и алгоритмами решения задач цифровой обработки сигналов, использования сети Интернет, аннотирования, реферирования, библиографического поиска, опыт работы с научными источниками
ПК-3 Владеет навыками участия в научных дискуссиях, выступления с сообщениями и докладами устного, письменного и виртуального (размещение в информационных сетях) характера, представления материалов собственных исследований	ПК-3.1 Знает основы ведения научной дискуссии и формы устного научного высказывания
	ПК-3.2 Умеет вести корректную дискуссию в области информационных технологий задавать вопросы и отвечать на поставленные вопросы по теме научной работы
	ПК-3.3 Имеет практический опыт участия в научных студенческих конференциях, очных, виртуальных, заочных обсуждениях научных проблем в области информационных технологий
ПК-1 Готов к включению в профессиональное сообщество; способен проводить под научным руководством локальные исследования на основе существующих методов в конкретной области профессиональной деятельности	ПК-1.1 Знает принципы построения научной работы, методы сбора и анализа полученного материала, способы аргументации; владеет навыками подготовки научных обзоров, публикаций, рефератов и библиографий по тематике проводимых исследований на русском и английском языке
	ПК-1.2 Умеет решать научные задачи с пониманием существующих подходов к верификации моделей программного обеспечения в связи с поставленной целью и в соответствии с выбранной методикой
	ПК-1.3 Имеет практический опыт выступлений и научной аргументации при анализе объекта научной и профессиональной деятельности

## 2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Прикладные технологии в геофизике и биоматематике» обучающийся должен:

**знать:**



- строение и принципы функционирования иммунной системы;
- методологию построения математических моделей иммунных процессов и инфекционных заболеваний;
- особенности калибровки математических моделей иммунных процессов по реальным данным;
- требования к построению многоуровневых мульти-физических моделей иммунных процессов;
- методы моделирования активного перемещения клеток с учетом их формы и взаимодействий;
- критерии оценки клинической эффективности лекарственных препаратов;
- подходы к построению агентных моделей;
- методы сегментации медицинских изображений;
- строение и принципы функционирования опорно-двигательного аппарата;
- технологию прогноза погоды и усвоения данных наблюдений;
- технологию оперативной океанографии;
- методологию прогнозирования будущего состояния климата Земной системы.

**уметь:**

- эффективно использовать на практике теоретические компоненты науки: понятия, суждения, умозаключения, законы;
- пользоваться справочной литературой научного и прикладного характера для быстрого поиска необходимых математических, физических и биологических данных и понятий.

**владеть:**

- навыками самостоятельной работы с научной литературой по применению математического моделирования в науках о жизни и с современными источниками информации (научные статьи, интернет);
- навыками освоения большого объема информации;
- культурой постановки и исследования задач моделирования в геофизике и биоматематике с использованием современных вычислительных технологий решения прямых и обратных задач.
- навыками практического решения прикладных задач математического моделирования в иммунологии, эпидемиологии, медицине и биомеханике.

### **3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю**

С целью контроля освоения обучающимися учебного материала проводится устный опрос в начале занятия по теме прошлого занятия.

### **4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся**

1. Задача идентификации моделей иммунологии.
2. Построение компьютерной модели пространственной миграции клеток.
3. 3D проектирование и визуализация моделей лимфатических узлов на основе набора примитивов, соответствующих его структурным компонентам.
4. Задача оценки клинической эффективности лекарственных препаратов.
5. Агентные модели распространения инфекционных заболеваний.
6. Построение геометрической модели органа как результат сегментирования медицинских изображений.
7. Построение модели коленного сустава с использованием OpenSim.
8. Технология оперативного прогноза погоды.
9. Методология предсказания будущего климата Земной системы.
10. Алгоритмы численного прогноза состояния вод Мирового Океана.

Оценка отлично 10 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины, проявляющему интерес к данной предметной области, продемонстрировавшему умение уверенно и творчески применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично 9 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично 8 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, правильное обоснование принятых решений, с некоторыми недочетами.

Оценка хорошо 7 баллов - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но недостаточно грамотно обосновывает полученные результаты.

Оценка хорошо 6 баллов - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности.

Оценка хорошо 5 баллов - выставляется студенту, если он в основном знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач достаточно большое количество неточностей.

Оценка удовлетворительно 4 балла - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он освоил основные разделы учебной программы, необходимые для дальнейшего обучения, и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации.

Оценка удовлетворительно 3 балла - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, допускающему ошибки в формулировках базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, слабо владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и с трудом применяет полученные знания даже в стандартной ситуации.

Оценка неудовлетворительно 2 балла - выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных принципов и не умеет использовать полученные знания при решении типовых задач.

Оценка неудовлетворительно 1 балл - выставляется студенту, который не знает основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубейшие ошибки в формулировках базовых понятий дисциплины и вообще не имеет навыков решения типовых практических задач.

## **5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности**

Во время проведения дифференцированного зачёта обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины, а также справочной литературой, вычислительной техникой, конспектами лекций.

Дифференцированный зачёт проводится путем организации специального опроса, проводимого в устной форме.