

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
профессионального образования  
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова  
филиал МГУ в г. Севастополе  
факультет естественных наук  
кафедра геоэкологии и природопользования

**УТВЕРЖДАЮ**



## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

Наименование дисциплины:

### **ВВЕДЕНИЕ В МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ С ЭЛЕМЕНТАМИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА**

**Уровень высшего образования:**  
**бакалавриат**

**Направление подготовки:**  
**05.03.02 «География»**

**Профиль ОПОП:**  
**геоэкология**

**Форма обучения:**  
**очная**

Рабочая программа рассмотрена  
на заседании кафедры геоэкологии и  
природопользования  
протокол № 9 от 28 июня 2024г.  
Руководитель образовательной программы  
05.03.02 «География»

  
(E.S. Kashirina)  
(подпись)

Рабочая программа одобрена  
Методическим советом  
Филиала МГУ в г.Севастополе  
Протокол №10 от 29 августа 2024г.

  
(L.I.Teplova)  
(подпись)

**Рабочая программа составлена на основе:**

Образовательного стандарта (ОС МГУ), самостоятельно установленного МГУ для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки 05.03.02 «География», утвержденным приказом МГУ от 30 декабря 2020 года № 1383, приказом об утверждении изменений в ОС МГУ от 21 декабря 2021 года № 1404.

Год приема на обучение – 2021г.

*курс – 4*

*семестр – 8*

*зачетных единиц - 2*

*академических часов 72, в т.ч.:*

*лекций – 36 часов*

*практических занятий – 18 часов*

*Формы промежуточной аттестации:*

*зачет в 8 семестре*

*Форма итоговой аттестации:*

*нет*

## **1. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО.**

Дисциплина «*Введение в математическое моделирование с элементами искусственного интеллекта*» является дисциплиной по выбору вариативной части ОПОП ВО по направлению «География».

Целью освоения учебной дисциплины «*Введение в математическое моделирование с элементами искусственного интеллекта*» является формирование представлений о современных методах, подходах и средствах, применяемых для математического моделирования процессов в природной среде.

### Задачи курса:

- создать общие представления о возможностях и средствах математического моделирования при решении задач, связанных с описанием и анализом природных процессов;
- научиться самостоятельно находить и использовать литературные и общедоступные информационные ресурсы для решения океанографических, биохимических и других прикладных задач;
- освоить численные методы для реализации алгоритмов решения задач по моделированию природных процессов;
- овладеть современным программным обеспечением для численного решения поставленных задач и специализированными пакетами прикладных программ для обработки и визуализации результатов моделирования.

## **2. Входные требования для освоения дисциплины.**

Дисциплина «*Введение в математическое моделирование с элементами искусственного интеллекта*» изучается в 8 семестре и основывается на знаниях, полученных по предметам: математика, физика, информатика с основами геоинформатики (1 курс, базовая часть, блок общенаучной подготовки), физическая география мира (3 курс, базовая часть, блок общепрофессиональной подготовки), основы океанологии (1 курс, вариативная часть).

## **3. Результаты обучения по дисциплине.**

Планируемые результаты обучения по дисциплине:

### Знать:

Базовые понятия и методы математического моделирования, применяемые для описания и анализа природных процессов; основные этапы построения математических моделей; структуру разработанных математических моделей для описания динамики океана и атмосферы и данные наблюдений, необходимые для их настройки и функционирования; программные средства для решения задач математического моделирования и обработки результатов расчетов.

### Уметь:

Самостоятельно проводить анализ литературных источников в рамках поставленной образовательной (практической) задачи, находить и использовать справочные материалы и данные из общедоступных ресурсов, выполнять практические задания и анализировать их результаты с применением компьютерных средств обработки и визуализации, уметь лаконично объяснять суть и решение рассматриваемых вопросов, полно и логично излагать освоенный учебный материал.

Владеть: Навыками сбора справочной информации и данных из общедоступных источников, применять собранный материал для решения задач и анализа результатов моделирования, владеть современным программным обеспечением и пакетами прикладных программ для обработки и визуализации океанографических данных.

### Иметь опыт:

Построения простейших моделей и проведения численных экспериментов, обработки и визуализации результатов моделирования.

**4. Формат обучения:** контактный, дистанционный с использованием Портала дистанционной поддержки образовательного процесса Филиала (<https://distant.sev.msu.ru/> ).

**5. Объем дисциплины** составляет 2 з.е., в том числе 54 академических часа, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (аудиторная нагрузка), и 18 академических часов на самостоятельную работу обучающихся.

**6. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий**

**6.1. Структура дисциплины по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий**

| Форма промежуточной аттестации по дисциплине                                                          | Номинальные трудозатраты обучающегося                                                                       |                                                         |                           | Всего академических часов   | Форма текущего контроля успеваемости (наименование) |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|---------------------------|-----------------------------|-----------------------------------------------------|
|                                                                                                       | Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем)<br>Виды контактной работы, академические часы | Самостоятельная работа обучающегося, академические часы | Занятия лекционного типа* | Занятия практического типа* |                                                     |
| Базовые понятия математического моделирования                                                         | 2                                                                                                           | 1                                                       |                           | 1                           | 4                                                   |
| Основные методы в математическом моделировании природных процессов                                    | 4                                                                                                           | 1                                                       |                           | 1                           | 6                                                   |
| Имитационное моделирование                                                                            | 2                                                                                                           | 1                                                       |                           | 1                           | 4                                                   |
| Программные средства для решения задач математического моделирования и обработки результатов расчетов | 4                                                                                                           | 3                                                       |                           | 1                           | 8                                                   |
| Математические модели в научных исследованиях                                                         | 4                                                                                                           | 2                                                       |                           | 4                           | 10                                                  |
| Модели общей циркуляции океана. Система диагноза-прогноза                                             | 4                                                                                                           | 1                                                       |                           | 1                           | 6                                                   |

|                                                                              |   |   |   |   |           |                                 |
|------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|---|-----------|---------------------------------|
| Волновые модели океанологии                                                  | в | 4 | 2 | 1 | 7         | контролируемое домашнее задание |
| Модели циркуляции атмосферы                                                  |   | 4 | 2 | 1 | 7         | контролируемое домашнее задание |
| Моделирование биологических и биогеохимических процессов                     |   | 2 | 1 | 1 | 4         | контролируемое домашнее задание |
| Лагранжев подход в численном моделировании нестационарных процессов в океане |   | 2 | 2 | 1 | 5         | контролируемое домашнее задание |
| Применение данных наблюдений в численном моделировании                       |   | 3 | 1 | 4 | 7         | реферат                         |
| Заключение                                                                   |   | 1 | 1 | 1 | 3         | контролируемое домашнее задание |
| Промежуточная аттестация (зачет(ы) и (или) экзамен(ы))                       |   |   |   | 8 |           |                                 |
| <b>Итого</b>                                                                 |   |   |   |   | <b>72</b> |                                 |

## 6.2. Содержание разделов (тем) дисциплины

| № п/п | Наименование разделов (тем) дисциплины                             | Содержание разделов (тем) дисциплин                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-------|--------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.    | Базовые понятия математического моделирования                      | Введение. Понятие модели и моделирования. Виды и свойства математических моделей. Этапы построения. Математические схемы моделирования. Требования, предъявляемые к математической модели. Адекватность модели. Анализ и интерпретация результатов моделирования.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 2.    | Основные методы в математическом моделировании природных процессов | Методы математического моделирования (от общего к частному, метод аналогий, метод от простого к сложному). Методы построения математических моделей на основе фундаментальных законов природы. Системы отсчета. Подходы Эйлера и Лагранжа к описанию движения. Пространственные и временные масштабы, разрешение моделей. Уравнения, граничные и начальные условия. Дискретизация. Структурированные сетки. Виды вертикальных координат, горизонтальных координат. Сетки по терминологии Аракавы. Понятие о вложенных сетках. Численные методы решения. Критерий Куранта-Фридрихса-Леви в численной модели. |

|     |                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-----|------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3.  | Имитационное моделирование                                                   | Имитационный подход в моделировании. Достоинства и недостатки имитационного подхода, этапы построения имитационной модели, основные проблемы имитационного моделирования. Детерминированные и стохастические имитационные модели.                                                                                |
| 4.  | Программные средства для решения задач математического моделирования         | Базовые элементы языка программирования FORTRAN. Принципы построения программного кода. Основные структуры и операторы.<br>Язык программирования Python для решения задач, обработки и визуализации результатов.<br>Основные форматы выходных данных численных моделей и программные средства для работы с ними. |
| 5.  | Математические модели в научных исследованиях                                | Применение математических моделей в научных исследованиях природных процессов. Математические модели в изучении океана, атмосферы. Волновые модели. Биологические, биогеохимические модели. Модели лагранжева переноса. Совместные модели.                                                                       |
| 6.  | Модели общей циркуляции океана. Система диагноза-прогноза                    | Современные численные модели динамики моря. Разные виды координат. Условия на твердых и жидкых границах, источники данных для их определения. Ассимиляция данных наблюдений.                                                                                                                                     |
| 7.  | Волновые модели в океанологии.                                               | Основные виды волновых моделей в океанологии.<br>Обработка результатов моделирования.                                                                                                                                                                                                                            |
| 8.  | Модели циркуляции атмосферы                                                  | Модели атмосферных процессов. Модели циркуляции атмосферы и влияние их выбора на результаты моделирования океана.                                                                                                                                                                                                |
| 9.  | Моделирование биологических и биогеохимических процессов                     | Понятие о биогеохимических круговоротах. Блочная модель круговорота биогенных элементов.<br>Простейшие модели популяции.                                                                                                                                                                                         |
| 10. | Лагранжев подход в численном моделировании нестационарных процессов в океане | Модели лагранжева переноса. Offline/online – модели. Применение для оценки переноса загрязняющих и других веществ. Использование автономных буев-профилемеров Argo в качестве трассеров течений в океане.                                                                                                        |
| 11. | Применение данных наблюдений в численном моделировании                       | Основные ресурсы океанографических данных. Использование данных наблюдений в качестве начальных, граничных условий, ассимиляция данных в модели.<br>Валидация результатов моделирования на основе данных натурных наблюдений.                                                                                    |
| 12. | Заключение                                                                   | Заключение. Основные итоги курса. Значение создания и функционирования систем с применением математических моделей природных процессов на глобальном и региональном масштабах.                                                                                                                                   |

## **7. Фонд оценочных средств (ФОС) для оценивания результатов обучения по дисциплине.**

### **7.1. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости.**

#### **Примерные темы докладов и рефератов:**

- Модели общей циркуляции океана в сигма-координатах: основные особенности.
- Модели, применяемые для расчетов атмосферных процессов в черноморском регионе.

- Моделирование переноса загрязняющих веществ в экологических задачах.
- Волны в Черном море: масштабы, моделирование, учет в практической деятельности.
- Буи-профилемеры Арго как современное средство получения океанографических данных о состоянии Мирового океана.
- Открытые ресурсы цифровой информации для целей математического моделирования и валидации результатов.

**Примерные темы практических занятий:**

- Современные программные средства при реализации численных моделей на ПК.
- Введение в язык программирования Python: структура и основные операторы.
- Работа на Python с основными форматами океанографических данных.
- Реализация явных и неявных схем, центральных и направленных разностей на языке Python.
- Составление программного кода на Python для одномерных уравнений адвекции и диффузии. Численные эксперименты. Выбор шагов, учет критерия устойчивости.
- Обработка результатов моделирования и их визуализация на Python.
- Язык программирования FORTRAN как мощное средство численного моделирования: основные операторы, структура программы. Написание примера программного кода.
- Моделирование транспорта загрязнений в ограниченном бассейне с помощью offline-модели лагранжевых частиц.
- Подготовка данных для задания начальных и граничных условий в численных моделях динамики океана. Основные ресурсы и возможности обработки.
- Интерполяция данных на расчетные сетки моделей. Возможности Python.
- Работа с файлами формата netCDF с помощью специализированного пакета обработки климатических данных CDO. Приложение к результатам моделирования океана и атмосферы.
- Работа с файлами формата netCDF с помощью специализированных пакетов обработки океанографических данных. Визуализация результатов.

**7.2. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения промежуточной аттестации.**

Список вопросов к зачету:

1. Понятие о модели и моделировании. Основные этапы математического моделирования.
2. Свойства моделей. Цели моделирования.
3. Классификации методов моделирования.
4. Адекватность модели. Способы доказательства адекватности.
5. Этапы построения численной модели. Численный эксперимент.
6. Методы математического моделирования. Метод от общего к частному. Метод аналогий. Метод от простого к сложному.
7. Пример построения математической модели на основе законов сохранения.
8. Подходы Эйлера и Лагранжа к описанию движения.
9. Что составляет основу вычислительного эксперимента? В чем отличие и сходство лабораторного и вычислительного экспериментов?
10. Что такое имитационное моделирование? Виды имитационного моделирования.
11. Примеры математической модели для описания процесса изменения концентрации вещества.
12. Дискретизация в численных моделях. Структурированные сетки. Вложенные сетки.
13. Понятие аппроксимации дифференциальных операторов. Схемы центральных и направленных разностей.
14. Дискретизация уравнения адвекции. Критерий устойчивости Куранта-Фридрихса-Леви.

15. Задание начальных и граничных условий при численном моделировании. Источники данных.
16. Расчетные сетки в численных моделях. Классификация по Аракаве.
17. Язык программирования Python: возможности для реализации математических моделей и анализа результатов. Основные ресурсы языка. Преимущества.
18. Язык программирования FORTRAN как основа для численного моделирования природных систем разного уровня сложности. Особенности и преимущества.
19. Виды волновых моделей в океанологии и их отличия.
20. Классификация моделей динамики моря по типам вертикальной координаты.
21. Практическое использование построенной модели, анализ результатов моделирования. Усовершенствование и развитие моделей.
22. Региональные модели динамики моря (на примере).
23. Региональные модели циркуляции атмосферы (на примере).
24. Боксовые модели биогеохимических процессов.
25. Метод лагранжевых частиц для оценки переноса загрязнений в океане.
26. Применение данных наблюдений в численных моделях и при анализе результатов.

| ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ результатов обучения (РО) по дисциплине                                                                                                 |                                               |                                                                         |                                                                                                                               |                                                                             |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| Оценка<br>РО и<br>соответствующие<br>виды оценочных средств                                                                                                         | Не зачтено                                    | Зачтено                                                                 |                                                                                                                               |                                                                             |
| <b>Знания</b><br>(виды оценочных средств:<br>устные и письменные опросы и<br>контрольные работы, тесты,<br>и т.п.)                                                  | Отсутствие<br>знаний                          | Фрагментарные<br>знания                                                 | Общие, но не<br>структурированные<br>знания                                                                                   | Сформированные<br>систематические<br>знания                                 |
| <b>Умения</b><br>(виды оценочных средств:<br>практические контрольные<br>задания, написание и защита<br>рефератов на заданную тему и<br>т.п.)                       | Отсутствие<br>умений                          | В целом<br>успешное, но не<br>систематическое<br>умение                 | В целом успешное,<br>но содержащее<br>отдельные пробелы<br>умение (допускает<br>неточности<br>непринципиального<br>характера) | Успешное и<br>систематическое<br>умение                                     |
| <b>Навыки</b><br>(владения, опыт<br>деятельности)<br>(виды оценочных средств:<br>выполнение и защита курсовой<br>работы, отчет по практике,<br>отчет по НИР и т.п.) | Отсутствие<br>навыков<br>(владений,<br>опыта) | Наличие<br>отдельных<br>навыков<br>(наличие<br>фрагментарного<br>опыта) | В целом,<br>сформированные<br>навыки (владения),<br>но используемые не в<br>активной форме                                    | Сформированные<br>навыки<br>(владения),<br>применяемые при<br>решении задач |

## 8. Ресурсное обеспечение.

- Перечень основной и дополнительной литературы:

- а) основная литература:

1. Зализняк, В. Е. Введение в математическое моделирование: учебное пособие для вузов / В. Е. Зализняк, О. А. Золотов. — Москва: Издательство Юрайт, 2024. — 133 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-12249-7. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/542735> (дата обращения: 12.09.2024).

- б) дополнительная литература:

1. Ризниченко, Г. Ю. Математическое моделирование биологических процессов. Модели в биофизике и экологии: учебное пособие для вузов / Г. Ю. Ризниченко. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2024. — 181 с. — (Высшее

образование). — ISBN 978-5-534-07037-8. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/537454> (дата обращения: 12.09.2024).

2. Численные методы: учебник и практикум для вузов / У. Г. Пирумов [и др.]; под редакцией У. Г. Пирумова. — 5-е изд., перераб. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2023. — 421 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-03141-6. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/510769> (дата обращения: 12.09.2024).

3. Архипкин, В. С. Океанология: основы термодинамики морской воды: учебное пособие для вузов / В. С. Архипкин, С. А. Добролюбов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2024. — 155 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-04358-7. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/539264> (дата обращения: 12.09.2024).

— **Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем:**

Министерство природных ресурсов Российской Федерации. Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. Федеральное агентство водных ресурсов.

— **Описание материально-технического обеспечения:**

Учебная аудитория с мультимедийным проектором и доской для проведения лекционных занятий.

Учебная аудитория, оснащенная персональными компьютерами, для проведения практических занятий.

**9. Соответствие результатов обучения по данному элементу ОПОП результатам освоения ОПОП указано в общей характеристике ОПОП.**

**10. Язык преподавания - русский**

**11. Преподаватель:** доцент кафедры геоэкологии и природопользования, к.г.н. Маркова Н.В.

**12. Автор программы:** доцент кафедры геоэкологии и природопользования, к.г.н. Маркова Н.В.