МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ
АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ
БАКИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

МАГИСТЕРСКАЯ ПРОГРАММА

СПЕЦИАЛЬНОСТЬ: 060501 МАТЕМАТИКА
СПЕЦИАЛИЗАЦИЯ: МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

ПРЕДМЕТ: MİF - B05 –2 МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОБЛЕМ НЕФТЯНОЙ МЕХАНИКИ
(II курс, III семестр)

Авторы программы:

Мамедов Юсиф Абульфат оглы – Заведующий кафедрой Уравнений математической физики, член корр. НАНА, профессор,

Аббасова Айгюн Ханлар гызы - доцент кафедры Уравнений математической физики, к.ф.-м.н.,

Ахмедов Салех Зейни оглы – старший преподаватель кафедры Уравнений математической физики, доктор философии.

Рецензенты:

1. Асадова О.Г. - доцент кафедры Уравнений математической физики, к.ф.-м.н.,

2. Старший научный сотрудник отдела «Дифференциальные уравнения» института Математики и Механики НАНА, д.ф.-м.н., проф. Гаджиев Т.С.

– МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОБЛЕМ НЕФТЯНОЙ МЕХАНИКИ

Аннотация

Известно, что добыча нефти и газа охватывает такие сложные технологические процессы, как проведение разведочных работ в пластах, бурения разведочных скважин, так и процессов их добычи, транспортировки и хранения посредством эксплуатационных скважин. Система разработки и эксплуатации нефтяных и газовых скважин отличается от других технических и физических систем крайней сложностью. Самой важной особенностью является необратимость процессов, протекающих в этих системах. В связи с тем, что нефтяные и газовые пласты можно эксплуатировать только один раз, проводить многочисленные эксперименты на этих системах, исправлять ошибки, допущенные в процессе эксплуатации, невозможно. Поэтому рациональная эксплуатация нефтяных и газовых пластов диктует необходимость использования математического и компьютерного методов моделирования, для построения которых необходимы знания предметов дифференциальных уравнений, вариационного исчисления, оптимального управления, математической физики, теории вероятностей, и др.

Математическая физика изучает процессы реального мира с помощью математических моделей, которые получаются на основе законов физики. Любая математическая модель является приближенной, не адекватной полностью тому процессу, который она описывает. При составлении математической модели стремятся к тому, чтобы она наиболее полно отражала сам процесс. Однако математическая модель должна быть достаточно простой для изучения, должна давать возможность извлечь из нее доступными

методами полезную информацию о процессе. Поэтому какие-то факторы, влияние которых на процесс мало, неизбежно не учитываются, и они оказываются не представленными в математической модели. Математическая модель включает в себя замкнутую систему уравнений (количество уравнений равно количеству неизвестных функций) и дополнительные условия, которые состоят из начальных распределений (начальных условий) и краевых (граничных) условий. Таким образом, рассмотрение задач математической физики сводится к исследованию начально-краевых задач для систем уравнений, как правило, в частных производных. Далее будут обсуждаться математические модели, соответствующие процессам в сплошных жидких средах, а также применение методов математической физики при решении задач гидродинамики

С этой целью , согласно Государственным стандартам о Высшем образовании, дисциплина MİF - B04 - 4 Математическое моделирование проблем нефтяной механики входит в базовую часть магистерской программы по подготовке кадров для направления 060501 –Математика. Этот предмет проводится магистрам, специализирующимся по направлению Математическое моделирование в первом семестре второго курса 45 часов (30 ч. лекц. и 15 ч. сем.).

Целью изучения курса является:

- построение математических моделей физических процессов, возникающих в нефтяных пластах;
- извлечь из модели доступными способами полезную информацию о процессе;
- применение методов математической физики при

решении задач для нефтяной механики;

- изучение методов реализации этих моделей на компьютере.

В результате освоения дисциплины студент должен **знать:**

- методы построения математических моделей, связанных с нефтяной механикой;
- методы математической физики для решения задач, возникающих при построении моделей;
- Основные свойства потенциального движения несжимаемой жидкости в односвязных областях *(свойства гармонических функций: принцип максимума, теорема о среднем; простейшие внутренние краевые задачи для уравнения Лапласа)*

уметь:

- строить модели для конкретных задач нефтяной и газовой механики;
- применять методы математической физики для решения конкретных задач
- решать задачи о движении тел в идеальной жидкости *(внешних краевых задач Дирихле и Неймана для уравнения Лапласа)*

освоить:

- методы построения моделей жидких идеальных сред;
- методы построения моделей жидких вязких сред
- методы решения конкретных задач движения сжимаемой и идеальной жидкости

Mövzular üzrə saatların paylanması

№		Cəmi	o cümlədən	
			müh.	məş.
1	Пористая среда. Связь скорости фильтрации с действительной физической скоростью частиц жидкости.Закон Дарси. Коэффициенты фильтрации и проницаемости	2	1	1
2	Дифференциальное уравнение ламинарной фильт-+рации. Математическая постановка задачи о фильтрации несжимаемой жидкости.	2	1	1
3	О методе оценки залежей нефтяных месторождений	2	1	1
4	О схеме расположения совершенной скважины. Расположение галерей нефтяных слоёв, имеющих способность сильной фильтрации, изменчивых под режимом давления воды.	2	1	1
5	Математическая модель движения точечно-сжимаемой жидкости. -	2	1	1
6	Связь между пластовым давлением и дебитом для конечномерных нефтяных скважин в	2	1	1

	неограниченных пластах.			
7	Дифференциальное уравнение фильтрации вихревой сжимаемой и несжимаемой жидкости в пористой среде.	**2**	**1**	**1**
8	Простые линейные задачи движения несжимаемой жидкости. Уравнение Рейнольдса усредненного вихревого движения несжимаемой жидкости.	**2**	**1**	**1**
9	Численное решение задачи для несжимаемой жидкости методом конечных разностей.	**2**	**1**	**1**
10	Уравнение Навье-Стокса вязкой несжимаемой жидкости, о существовании и единственности решения	**2**	**1**	**1**
11	Уравнение движения газовой жидкости в пористой среде.	**2**	**1**	**1**
12	Общая постановка проблемы о вытеснении краевой водой мёртвой нефти из пласта небольшой толщины	**2**	**1**	**1**
13	Уравнение Буссинеска для неглубокой воды Уравнение Дюпюи.	**2**	**1**	**1**
14	Уравнение Орра-Зоммерфельда, устойчивость ломинарного течения.	**2**	**1**	**1**

15.	Уравнение движения жидкости в пористой среде	**2**	**1**	**1**
	Cəmi:	**30**	**15**	**15**

Содержание предмета

1..Фильтрация в грунтах. Закон Дарси.

Понятие пористой среды. Основные сведения , связанные с фильтрацией –движением жидкости в пористой среде. Связь скорости фильтрации с действительной физической скоростью частиц жидкости. Коэффициенты фильтрации и проницаемости [1],[2],[4].

2. Дифференциальное уравнение ламинарной фильтрации. Математическая постановка задачи о фильтрации несжимаемой жидкости.

Понятие ламинарной фильтрации. Закон связи между коэффициентом вязкости и температуры.. Расспределение температур в пограничном слое на пластине, обтекаемой несжимаемой жидкостью при учёте линейного закона связи между коэффициентом вязкости и температуры.. [1],[2],[4].

3. О методе оценки залежей нефтяных месторождений

Модели об оценках промышленных запасов нефтяных месторождений . Понятие запасов и ресурсов нефти и горючих газов. Их категории, группы и назначение. Методы подсчёта залежей, оценка прогнозных ресурсов.

[5], [4],[1],[9]

4. О схеме расположения совершенной скважины. Расположение галерей нефтяных слоёв, имеющих способность сильной фильтрации, изменчивых под режимом давления воды. нефти и подошвенной воды к совершенной скважине

Вывод формул для притока упругой жидкости к прямолинейной галерее и к точечному источнику на плоскости Совместный приток нефти и подошвенной воды к совершенной скважине . [1],[4],[5].

5. Математическая модель движения точечно-сжимаемой жидкости.

Исследование модели движения точечно-сжимаемой жидкости. Модель притока упругой жидкости. к прямолинейной галерее и к точечному источнику [1], [4],[5]

6. Связь между пластовым давлением и дебитом для конечномерных нефтяных скважин в неограниченных пластах.

Определения забойного давления в газожидкостных скважинах по неподвижному столбу газа по плотности и температуре газа на забое и на устье скважины. Модели и методы расчёта дебита и давления пластов , нахождение связи между ними. [1], [4],[5]

7. Дифференциальное уравнение вращающейся сжимаемой и несжимаемой жидкости в пористой среде.

Об уравнении движения стационарного течения жидкости между двумя соосными круговыми цилиндрами. [8], [9].

8. Простые линейные задачи движения несжимаемой жидкости. Уравнение Рейнольдса осредненного турбулентного движения несжимаемой жидкости.

Уравнения движения вязкой жидкости . Осреднённые уравнения движения несжимаемой вязкой жидкости . Решение задач [1]- [4]

9. Численное решение задачи для несжимаемой жидкости методом конечных разностей.

Применение метода конечных разностей к численному решению задачи для несжимаемой жидкости. Оценка погрешности решения . [1], [5], [8]

10. Уравнение Навье-Стокса вязкой несжимаемой жидкости, о существовании и единственности решения

Вывод уравнения динамики вязкой несжимаемой жидкости с помощью уравнения динамики сплошных сред и условия несжимаемости [1], [4].

11 Уравнение движения газа и жидкости в пористой среде.

Влияние фазовых проницаемостей в пористой среде. Вывод уравнение движения газовой жидкости [1], [4].

12. Общая постановка проблемы о вытеснении-краевой водой мёртвой нефти из пласта небольшой толщины

Вытеснение нефти внешними агентами – краевой или нагнетаемой водой, свободным газом газовой шапки или газом, нагнетаемым в пласт с поверхности. . [1], [4].

13. Уравнение Буссинеска для неглубокой воды Уравнение Дюпюи

Уравнение движения в пористой реде несжимаемой жидкости под действием силы тяжести. Депрессионная поверхность. Уравнение Дюпюи- случай горизонтального пласта. [1]-[6].

***14.* Уравнение Орра-Зоммерфельда, устойчивость ломинарного течения**

Уравнение гидродинамической задачи на собственные значения, описывающее устойчивость плоскопараллельного потокавязкой несжимаемой жидкости с произвольными граничными условиями и профилем скорости, являющееся одним из основных уравнений теории гидродинамической устойчивости [1]-[4].

15. ***Уравнение движения жидкости в пористой среде***

Уравнение движения в пористых средах устанавливает связь между вектором скорости фильтрации и полем давления, вызывающего течение. Уравнение движения в пористых средах выражает закон сохранения импульса и, в случае фильтрации ньютоновской жидкости, может быть получено из уравнений Навье — Стокса, описывающих течение жидкости внутри пор, с помощью осреднения. В простейшем случае линейной фильтрации в качестве уравнения движения используется закон Дарси. Два случая нелинейной фильтрации: больших и малых скоростей.. [1]-[4].

Темы самостоятельных работ

1. Определение пористости горных пород, методов ее измерения;
2. Уравнения сохранения массы жидкости и газа в пористой среде (уравнение неразрывности);
3. Уравнение движения жидкости в пористых средах;
4. Закон Дарси;
5. Абсолютная проницаемость пористых сред;
6. Микромеханика пористой среды;
7. фильтрация однородной несжимаемой жидкости;
8. формула Дюпюи;
9. Приложение УМФ к решению плоских задач фильтрации;
10. Уравнения состояния упругой жидкости, газа и пористой среды;
11. Функция Лейбензона, решение стационарных задач упругого режима;
12. Безразмерные уравнения;
13. Задача Баклея-Леверетта;
14. Разрывные решения;

15. Условия на разрывах;
16. Расчет коэффициента вытеснения нефти;
17. Задача Раппопорта-Лиса;
18. Уравнения гидродинамики для жидкой смеси
19. Пористость. Уравнение сохранения массы жидкости и газа в пористой среде.
20. Связь между пластовым давлением и дебитом для конечномерных нефтяных скважин в неограниченных пластах.

Список литературы

Основная

1. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. Москва, Наука, 1987
2. Лойцянский Л.Г., Лурье А.И. Курс теоретической механики. Т.П., Москва, 1983
3. Батчелор Дж Введение в динамику жидкости. Москва, Мир, 1973
4. Чарный И.А. Подземная гидрогазодинамика, Москва, Гостехиздат, 1963
5. Лейбензон Л.С. Нефтепромысловая механика. Москва, Гостехиздат, II часть, 1934
6. Ладыженская О.А. Математические вопросы динамики вязкой несжимаемой жидкости. Современные проблемы математики, Москва, Физматлит, 1961
7. Линь Ц.Ц. Теория гидродинамической устойчивости, И.Л. 1958.
8. Об основных направлениях теории Фильтрации однородной жидкости в трещиновых породах. ПММ, т.24, вып.5, 1960

Дополнительная

1. Баренблатт Г.И., Ентов В.М., Рыжик В.М. Движение жидкости и газов в природных пластах. Нефтегазовые технологии [Электронный ресурс]/ РГУ Нефти и газа им. И. М. Губкина. -Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, 2005 .- эл. опт. диск (CD-ROM)

2. Басниев К.С., Власов А.М. Подземная гидравлика. М.: Недра, 1986. - 303 с. [электронный ресурс] / Режим доступа: http://lib.mexmat.ru/books/50845

3. Басниев К.С., Кочина И.Н., Максимов В.М. Подземная гидромеханика. Нефтегазовые технологии [Электронный ресурс]/ РГУ Нефти и газа им. И. М. Губкина. -Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, 2005 .- эл. опт. диск (CD-ROM)

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ

АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

БАКИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

МАГИСТЕРСКАЯ ПРОГРАММА

СПЕЦИАЛЬНОСТЬ: 060501 МАТЕМАТИКА

СПЕЦИАЛИЗАЦИЯ: МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

ПРЕДМЕТ: MİF - B04 –2 МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ПРОБЛЕМ ЭКОЛОГИИ И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

(II курс, III семестр)

Авторы программы:

Мамедов Юсиф Абульфат оглы – Заведующий кафедрой Уравнений математической физики, член корр. НАНА, профессор,

Аббасова Айгюн Ханлар гызы - доцент кафедры Уравнений математической физики, к.ф.-м.н.,

Ахмедов Салех Зейни оглы – старший преподаватель кафедры Уравнений математической физики, доктор философии.

Рецензенты:

1. Асадова О.Г. - доцент кафедры Уравнений математической физики, к.ф.-м.н.,

2. Старший научный сотрудник отдела «Дифференциальные уравнения» института Математики и Механики НАНА, д.ф.-м.н., проф. Гаджиев Т.С.

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ПРОБЛЕМ ЭКОЛОГИИ И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Аннотация

Экология — наука об окружающей среде, одна из наиболее молодых научных направлений. Тем не менее формирование и становление экологии как науки происходило на базе других, более развитых направлений исследований, таких, как биология, география, физика, химия и т. д. Основанная на других науках, экология естественным образом впитала в себя приемы и методы научных исследований, принятые в «родительских» науках. Это в полной мере относится и к математическим методам в теоретических исследованиях.

Основная задача экологии на современном этапе — детальное изучение количественными методами основ структуры и функционирования природных и созданных человеком систем, поиск общих закономерностей, относящихся к широкому кругу конкретных ситуаций. Большое влияние на экологию оказали достижения математики, физики, химии. В свою очередь экология выдвигает перед этими науками новые задачи. Математическая дисциплина, изучающая модели экологических объектов и процессов и методы их исследования, называется математической экологией. Становление ее очень показательно в методическом отношении.

С чего должно начинаться построение любой математической модели? В чем состоит ее основное содержание? Математическая модель учитывает прежде всего те ограничения и принципы отбора, которые выделяют реально возможные изменения из числа допустимых. Такими принципами являются законы сохранения. Современная физика начиналась с законов сохранения, первым ее принципом отбора был закон сохранения импульса. Законы сохранения (балансовые соотношения) — это основа любой физической модели. Точно так же и в экологии. Балансовые соотношения при формализованном описании экологических и эволюционных принципов есть по сути не что иное, как законы сохранения масс. Балансовые соотношения несут много важной и интересной информации. Математическая модель, составленная из этих соотношений, описывает общие свойства множества возможных состояний и их изменение во времени.

Упрощённые версии реального мира, выраженные с помощью математической символики, называют математическими моделями. Математическое моделирование экологических процессов представляет собой мощный инструмент для количественной и качественной оценок изменений характеристик окружающей среды под воздействием различных факторов. Если математическая модель достаточно точно имитирует действительность, сохраняя существенную структуру реального явления, то появляются неограниченные возможности для экспериментирования: в эту модель можно вводить новые факторы или возмущения, чтобы выяснить их влияние на систему. Ценность математического моделирования очевидна в том случае, когда для практических целей изучают конкретную крупномасштабную экологическую проблему. Вводя необходимые сведения в математическую модель, можно предсказывать результаты тех или иных воздействий человека на исследуемый экологический процесс, получать нужные характеристики при изменении параметров модели.

Диапазон и масштаб моделируемых процессов крайне велик —от глобальной экологии до прогнозирования динамики отдельных компонентов биоценозов. Поэтому при классификации экологических моделей используют различные подходы. Наиболее часто применяют динамическое моделирование, в основе которого лежит описание экосистемы с помощью дифференциальных уравнений с определяемыми по эмпирическим данным параметрами.

С этой целью , согласно Государственным стандартам о Высшем образовании, дисциплина MİF - B04 - 4 **Математические модели проблем экологии и окружающей** входит в базовую часть магистерской программы по подготовке кадров для направления 060501 – Математика. Этот предмет проводится магистрам, специализирующимся по направлению Математическое моделирование в первом семестре второго курса 45 часов (30 ч. лекц. и 15 ч. сем.).

Целью изучения курса является:

- продемонстрировать различные методы математического моделирования в экологии, в том числе применения теории дифференциальных уравнений, дискретного моделирования, вероятностных моделей;
- ознакомить с современным состоянием имитацион ного моделирования больших экосистем;
- обучить терминологии и методике математической экологии;
- сформировать навыки обработки статистических данных и интерпретации полученных результатов;
- научить магистров правильно делать выборку экс периментального материала (закладывать опыт), проводить анализ выборки с получением основных параметров, познакомить с различными видами анализа и сравнения нескольких вариационных выборок.
- построение математических моделей физических процессов, возникающих в экологии;
- извлечь из модели доступными способами полезную информацию о процессе;
- применение методов математической физики при решении задач экологии;
- изучение методов реализации этих моделей на компьютере.

В результате освоения дисциплины студент должен **знать:**

- экологические модели популяций, экосистем, глобаль ные имитационные модели, важнейшие понятия математи ческой экологии, типы экономико-экологических моделей, методы их решения;
- структуру моделей и основные характеристики;
- основные законы и принципы моделирования;

- основные этапы построения моделей и их анализа;
- особенности изменчивости, совокупности, выборки; правила группировки и обработки данных при количест венной изменчивости; основные статистические характерис тики качественной и количественной измен чивости;
- закономерности нормального распределения резуль татов наблюдений;
- методы построения математических моделей, связан ных с экологий;
- методы математической физики для решения задач, возникающих при построении моделей;

уметь:

- системно излагать свои мысли, формально описывать экологические проблемы, классифицировать экономико-экологические модели, анализировать поведение системы «природа – общество» в различных обстоятельствах и нахо дить оптимальные варианты ее развития; использовать методы моделирования при решении конкретных научно-исследовательских задач;
- находить формальное описание объекта изучения и представлять его в математическом стиле;
- реализовывать модель с помощью программного обес печения
- проводить анализ и обобщение полученных резуль татов, вычислять основные параметры выборок;
- строить модели для конкретных задач экологии;
- применять методы математической физики для реше ния конкретных задач
- решать задачи по экологии

освоить:

- - экологической терминологию и соответствующий математический аппарат;

- методы построения моделей
- системный подход к решению экологических задач с использованием моделирования как метода познания;
- навыками принятия решений на основе полученных с по мощью моделирования результатов исследований

Mövzular üzrə saatların paylanması

№		Cəmi	o cümlədən	
			müh.	**məş.**
1	Практическое значение математической экологии. Обобщение математических работ. Два вида, один из которых пожирает другой	**2**	**1**	**1**
2	Два вида при разных типа взаимодействия.	**2**	**1**	**1**
3	Изучение сосуществования N видов. Консервативные и диссипативные биологические сообщества	**2**	**1**	**1**
4	Понятие возникновения гипотез их математическое обоснование. Энергетическое последействие в	**2**	**1**	**1**

	биологии.			
5	Уравнение баланса в экологии и модель Вольтерра. -	**2**	**1**	**1**
6	Динамика сообщества с двумя трофическими уровнями. Понятие запаздывания в моделях Вольтерра	**2**	**1**	**1**
7	Устойчивость стационарных состояний популяций.	**2**	**1**	**1**
8	Модель популяций вымирающих видов. Хаос и циклы в уравнениях , определяющих такие модели	**2**	**1**	**1**
9	Дискретная модель возрастной структуры популяций . Оператор Лесли и его основные свойства	**2**	**1**	**1**
10	Обобщенная модель хищник -жертва	**2**	**1**	**1**
11	Устойчивость системы хищник-жертва.	**2**	**1**	**1**
12	Разомкнутые и замкнутые трофические цепи и их экологическая	**2**	**1**	**1**

	устойчивость			
13	Диффузионные модели пространственно распределённых сообществ, экосистема океанов. Диффузионная неустойчивость в системе хищник-жертва. Стабилизация миграции в экосистемах.	**2**	**1**	**1**
14	Метод малого параметра в исследованиях эф фекта миграции.	**2**	**1**	**1**
15.	Устойчивость систем без самолимитирования. Влияние хищничества на устойчивость конкурентного сообщества.	**2**	**1**	**1**
	Cəmi:	**30**	**15**	**15**

Fənnin məzmunu

1 . Практическое значение математической экологии. Обобщение математических работ. Два вида, один из которых пожирает другой Обобщение математических работ.

Краткий исторический обзор. Общее понятие модели как субъективного, идеализированного отражения реально существующей действительности. Классификация моделей по способам воплощения: абстрактные (вербальные, знаковые, математические), материальные. ,Понятие экосистемы. О современном состоянии экологии и важном практическом значении введения математических моделей в экологии. Модель хищник-жертва. Примеры из экологии. [1],[2],[6].

2. Два вида при разных типа взаимодействия

Взаимодействия **конкуренции (**когда численность каждого из видов в присутствии другого растет с меньшей скоростью), **симбиоза** (когда виды способствуют росту друг друга) и типа **хищник-жертва** или паразит-хозяин (когда численность вида-жертвы в присутствии вида-хищника растет медленнее, а вида-хищника- быстрее); виды взаимодействия, когда один из видов чувствует присутствие второго, а другой - нет (аменсализм и комменсализм), или виды нейтральны [1],[2],[4].

3. Изучение сосуществования N видов. Консервативные и диссипативные биологические сообщества.

Предварительное расширение гипотез. Коэффициент прироста каждого изолированно живущего вида становится зависимым от числа его индивидуумов (сохраняется гипотеза эквивалентов). Консервативные системы, теоремы о биомассе консервативного сообщества. Диссипативные системы . Определение и нахождение характеристических условий. Свойства биомассы диссипативного сообщества. [3], [1],[2],[6]

4. Понятие возникновения гипотез их математическое обоснование. Энергетическое последействие в биологии

Понятие о материально-энергетических балансах и способах их использования для построения математических моделей. Непрерывные модели: рост популяции в среде с неограниченным запасом питания (модель Мальтуса); рост при ограничениях скорости роста отравлением, влияние смертности и т.п. (модель Ферхюльста и ее модификации); модель роста популяции с нижней границей численности; модель роста популяции с верхней и нижней границами численности; Влияние запаздывания на вид модели, ее автономность, фазовые траектории и устойчивость. [1],[2],[6].

5. Уравнение баланса в экологии и модель Вольтерра.

Простые дифференциальные уравнения , описывающие рост популяций. Модель Вольтерра хищник-жертва. Уравнения баланса масс в трёх основных группах: продуценты (зелёные растения, способные фиксировать световую энергию и использовать в пищу простые вещества), консументы (животные, пожирающие другие организмы и разлагатели, расщепляющие мёртвую органику на простые вещества, которые используются продуцентами) , субстрат (абиотические вещества, в основном, продукты жизнедеятельности консументов, которые используются продуцентами [1], [4],[5], [2], [3] [6].

6. Динамика сообщества с двумя трофическими уровнями. Понятие запаздывания в моделях Вольтерра

Понятие трофической цепи в экологии. Исследование устойчивости трофических структур в рамках моделей «почти вольтеровского» типа. Влияние процесса запаздывания на динамику системы. Причины запаздывания. Запаздывающее действие факторов, ограничивающих численность .Запаздывание, обусловленное временем развития [1], [2], [3], [6].

7. Устойчивость стационарных состояний популяций.

Существование и устойчивость по Ляпунову положительного и стационарного решения в консервативных и диссипативных сообществах. Понятие равновесия. Динамические системы. Устойчивые и неустойчивые динамические системы.. [1], [2], [3], [6].

8. Модель популяций вымирающих видов. Хаос и циклы в уравнениях , определяющих такие модели

Поведение решения уравнений математической модели вымирающих видов. Рассматривается несколько случаев:среди решений нет ни одного притягивающего цикла, существует притягивающий цикл периода n, закон изменения численности популяций не совпадает с законом , имеющим притягивающий цикл, но близок к нему. Динамический и детерминированный хаос. Причины появления. хаоса. Неустойчивость (чувствительность) по отношению к начальным условиям и параметрам. [1], [2], [3], [6].

9. Дискретная модель возрастной структуры популяций . Оператор Лесли и его основные свойства.

Система хищник-жертва без учёта возрастной структуры.Модель, зависящая от числа особей жертвы, приходящая на одного хищника. Уравнение Лесли, описывающее этот процесс. Свойства оператора Лесли [1], [5], [8], [2], [3] [6].

10. Обобщенная модель хищник -жертва

О модели хищник-жертва, рассмотренной Колмогоровым: случай, когда в модели отсутствует межвидовая конкуренция [1], [2], [3] [6].

11 Устойчивость системы хищник-жертва.

Необходимое и достаточное условие устойчивости системы уравнений стационарного состояния. [1], [2], [3] [6].

12. *Разомкнутые и замкнутые трофические цепи и их экологическая устойчивость*

Исследование двух видов трофических систем. Условия существования трофических цепей [1], [2], [3] [6].

13. Диффузионные модели пространственно распределённых сообществ, экосистема океанов. Диффузионная неустойчивость в системе хищник-жертва. Стабилизация миграции в экосистемах.

Модель экосистем, где однородность резко нарушена. Знакомство с экосистемами океанов, где количество основного ресурса (света) меняется с глубиной (экспоненциально убывает с глубиной). Модели миграции в экосистемах. Влияние анизатропности среды на примере систем с $n=2$ местообитаниями. Пространственная неоднородность в популяциях и сообществах с экологической точки зрения [1], [2], [3] [6].

14. Метод малого параметра в исследованиях эффекта миграции

Постановка задачи , предполагающая достаточную малость параметра миграции по сравнению с параметрами биологических взаимодействий [1], [2], [3] [6].

15. Устойчивость систем без самолимитирования. Влияние хищничества на устойчивость конкурентного сообщества.

О двух противоположных экологических точек зрения. Некоторые подходы проблемы сложность против устойчивости. Связь устойчивости с возрастанием числа видов в сообществе из двух трофических уровней. [1], [2], [3] [6].

Темы самостоятельных работ

1. Системный анализ в экологии.
2. Математическое моделирование климата.
3. Моделирование течений и загрязнения водоемов.
4. Моделирование процессов загрязнения атмосферы.
5. Моделирование динамики популяций.
6. Устойчивость биологических сообществ.
7. Комбинаторика и ее приложения в генетике.
8. Действия над событиями.

9. Вероятности. Условная вероятность. Сложение вероятностей.
10. Числовые характеристики непрерывных и дискретных случайных величин.
11. Числовые характеристики непрерывных и дискретных случайных величин.
12. Законы распределения.
13. Графическое представление статистических распределений.
14. Параметры выборки.
15. Проверка гипотезы о равенстве средних совокупностей.
16. Гипотеза об однородности выборок.
17. Непараметрические критерии проверки гипотез.
18. Оценка тесноты линейной зависимости. Отыскание уравнения регрессии.
19. Двухфакторный дисперсионный анализ.
20. Множественный коэффициент корреляции.

Список литературы

Основная

1. Смит Дж. М. Модели в экологии. М, Наука, 1976, 184 стр.

2. Вольтера В. Математическая теория борьбы за существование. М., Наука, 1976, 288 стр.

3. Марчук Г. И. Математическое моделирование в проблеме окружающей среды., М, Наука, 1982.

4. Самарский А.А. Теория разностных схем, М., Наука, 1977.

5. Həmzəyev X.M., İsmayılov Q.Q. Ekoloji problemlərdə riyazi modelləşdirmə - Bakı, 2002.

6.Свирежев Ю.М., Логофет Д.О. Устойчивость биологических сообществ, М., Наука, 1978, 352 стр.

Дополнительная

6. Николайкина Н.Е., Николайкин Н.И., Мотягина А.М. Промышленная экология, Москва, ИКЦ «Академкнига», 2006.

7. Абузяров З.К., Шамраев Ю.И., Морские гидрологические информации и прогнозы., Гидрометеоиздат., Ленинград, 1974.

8. Заварина М.В., Юдин М.И., Счетные машины и их использование в метеорологии и климатологии, Гидрометеорологическое издательство, Ленинград, 1983.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ

АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

БАКИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

МАГИСТЕРСКАЯ ПРОГРАММА

СПЕЦИАЛЬНОСТЬ: 060501 МАТЕМАТИКА

СПЕЦИАЛИЗАЦИЯ: МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

ПРЕДМЕТ: MİF - B05-7 –МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ПРОБЛЕМ ЭКОЛОГИИ И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

(II курс, III семестр)

Авторы программы:

Мамедов Юсиф Абульфат оглы – Заведующий кафедрой Уравнений математической физики, академик.

Аббасова Айгюн Ханлар гызы - доцент кафедры Уравнений математической физики, к.ф.-м.н.

Ахмедов Салех Зейни оглы – старший преподаватель кафедры Уравнений математической физики, доктор философии.

Рецензенты:

1. Асадова О.Г. - доцент кафедры Уравнений математической физики, к.ф.-м.н.,

2. Старший научный сотрудник отдела «Дифференциальные уравнения» института Математики и Механики НАНА, д.ф.-м.н., проф. Гаджиев Т.С.

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ПРОБЛЕМ ЭКОЛОГИИ И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Аннотация

Экология — наука об окружающей среде, одна из наиболее молодых научных направлений. Тем не менее формирование и становление экологии как науки происходило на базе других, более развитых направлений исследований, таких, как биология, география, физика, химия и т. д. Основанная на других науках, экология естественным образом впитала в себя приемы и методы научных исследований, принятые в «родительских» науках. Это в полной мере относится и к математическим методам в теоретических исследованиях.

Основная задача экологии на современном этапе — детальное изучение количественными методами основ структуры и функционирования природных и созданных человеком систем, поиск общих закономерностей, относящихся к широкому кругу конкретных ситуаций. Большое влияние на экологию оказали достижения математики, физики, химии. В свою очередь экология выдвигает перед этими науками новые задачи. Математическая дисциплина, изучающая модели экологических объектов и процессов и методы их исследования, называется математической экологией. Становление ее очень показательно в методическом отношении.

С чего должно начинаться построение любой математической модели? В чем состоит ее основное содержание? Математическая модель учитывает прежде всего те ограничения и принципы отбора, которые выделяют реально возможные изменения из числа допустимых. Такими принципами являются законы сохранения. Современная физика начиналась с законов сохранения, первым ее принципом отбора был закон сохранения импульса. Законы сохранения (балансовые соотношения) — это основа любой физической модели. Точно так же и в экологии. Балансовые соотношения при формализованном описании экологических и эволюционных принципов есть по сути не что иное, как законы сохранения масс. Балансовые соотношения несут много важной и интересной информации. Математическая модель, составленная из этих соотношений, описывает общие свойства множества возможных состояний и их изменение во времени.

Упрощённые версии реального мира, выраженные с помощью математической символики, называют математическими моделями. Математическое моделирование экологических процессов представляет собой мощный инструмент для количественной и качественной оценок изменений характеристик окружающей среды под воздействием различных факторов. Если математическая модель достаточно точно имитирует действительность, сохраняя существенную структуру реального явления, то появляются неограниченные возможности для экспериментирования: в эту модель можно вводить новые факторы или возмущения, чтобы выяснить их влияние на систему. Ценность математического моделирования очевидна в том случае, когда для практических целей изучают конкретную крупномасштабную экологическую проблему. Вводя необходимые сведения в математическую модель, можно предсказывать результаты тех или иных воздействий человека на исследуемый экологический процесс, получать нужные характеристики при изменении параметров модели.

Диапазон и масштаб моделируемых процессов крайне велик —от глобальной экологии до прогнозирования динамики отдельных компонентов биоценозов. Поэтому при классификации экологических моделей используют различные подходы. Наиболее часто применяют динамическое моделирование, в основе которого лежит описание экосистемы с помощью дифференциальных уравнений с определяемыми по эмпирическим данным параметрами.

С этой целью , согласно Государственным стандартам о Высшем образовании, дисциплина MİF - B04 - 4 **Математические модели проблем экологии и окружающей** входит в базовую часть магистерской программы по подготовке кадров для направления 060501 – Математика. Этот предмет проводится магистрам, специализирующимся по направлению Математическое моделирование в первом семестре второго курса 45 часов (30 ч. лекц. и 15 ч. сем.).

Целью изучения курса является:

- продемонстрировать различные методы математического моделирования в экологии, в том числе применения теории дифференциальных уравнений, дискретного моделирования, вероятностных моделей;
- ознакомить с современным состоянием имитацион ного моделирования больших экосистем;
- обучить терминологии и методике математической экологии;
- сформировать навыки обработки статистических данных и интерпретации полученных результатов;
- научить магистров правильно делать выборку экс периментального материала (закладывать опыт), проводить анализ выборки с получением основных параметров, познакомить с различными видами анализа и сравнения нескольких вариационных выборок.
- построение математических моделей физических процессов, возникающих в экологии;
- извлечь из модели доступными способами полезную информацию о процессе;
- применение методов математической физики при решении задач экологии;
- изучение методов реализации этих моделей на компьютере.

В результате освоения дисциплины студент должен **знать:**

- экологические модели популяций, экосистем, глобаль ные имитационные модели, важнейшие понятия математи ческой экологии, типы экономико-экологических моделей, методы их решения;
- структуру моделей и основные характеристики;
- основные законы и принципы моделирования;

- основные этапы построения моделей и их анализа;
- особенности изменчивости, совокупности, выборки; правила группировки и обработки данных при количест венной изменчивости; основные статистические характерис тики качественной и количественной измен чивости;
- закономерности нормального распределения резуль татов наблюдений;
- методы построения математических моделей, связан ных с экологий;
- методы математической физики для решения задач, возникающих при построении моделей;

уметь:

- системно излагать свои мысли, формально описывать экологические проблемы, классифицировать экономико-экологические модели, анализировать поведение системы «природа – общество» в различных обстоятельствах и нахо дить оптимальные варианты ее развития; использовать методы моделирования при решении конкретных научно-исследовательских задач;
- находить формальное описание объекта изучения и представлять его в математическом стиле;
- реализовывать модель с помощью программного обес печения
- проводить анализ и обобщение полученных резуль татов, вычислять основные параметры выборок;
- строить модели для конкретных задач экологии;
- применять методы математической физики для реше ния конкретных задач
- решать задачи по экологии

освоить:

- \- экологическую терминологию и соответствующий математический аппарат;

- методы построения моделей
- системный подход к решению экологических задач с использованием моделирования как метода познания;
- навыками принятия решений на основе полученных с по мощью моделирования результатов исследований

Mövzular üzrə saatların paylanması

№		Cəmi	o cümlədən	
			müh.	**məş.**
1	Практическое значение математической экологии. Обобщение математических работ. Два вида, один из которых пожирает другой	**2**	**1**	**1**
2	Два вида при разных типа взаимодействия.	**2**	**1**	**1**
3	Изучение сосуществования N видов. Консервативные и диссипативные биологические сообщества	**2**	**1**	**1**
4	Понятие возникновения гипотез их математическое обоснование. Энергетическое последействие в биологии.	**2**	**1**	**1**

5	Уравнение баланса в экологии и модель Вольтерра. -	**2**	**1**	**1**
6	Динамика сообщества с двумя трофическими уровнями. Понятие запаздывания в моделях Вольтерра	**2**	**1**	**1**
7	Устойчивость стационарных состояний популяций.	**2**	**1**	**1**
8	Модель популяций вымирающих видов. Хаос и циклы в уравнениях , определяющих такие модели	**2**	**1**	**1**
9	Дискретная модель возрастной структуры популяций . Оператор Лесли и его основные свойства	**2**	**1**	**1**
10	Обобщенная модель хищник -жертва	**2**	**1**	**1**
11	Устойчивость системы хищник-жертва.	**2**	**1**	**1**
12	Разомкнутые и замкнутые трофические цепи и их экологическая	**2**	**1**	**1**

	устойчивость			
13	Диффузионные модели пространственно распределённых сообществ, экосистема океанов. Диффузионная неустойчивость в системе хищник-жертва. Стабилизация миграции в экосистемах.	**2**	**1**	**1**
14	Метод малого параметра в исследованиях эф фекта миграции.	**2**	**1**	**1**
15.	Устойчивость систем без самолимитирования. Влияние хищничества на устойчивость конкурентного сообщества.	**2**	**1**	**1**
	Cəmi:	**30**	**15**	**15**

Fənnin məzmunu

1 . Практическое значение математической экологии. Обобщение математических работ. Два вида, один из которых пожирает другой Обобщение математических работ.

Краткий исторический обзор. Общее понятие модели как субъективного, идеализированного отражения реально существующей действительности. Классификация моделей по способам воплощения: абстрактные (вербальные, знаковые, математические), материальные. ,Понятие экосистемы. О современном состоянии экологии и важном практическом значении введения математических моделей в экологии. Модель хищник-жертва. Примеры из экологии. [1],[2],[6].

2. Два вида при разных типа взаимодействия

Взаимодействия **конкуренции (**когда численность каждого из видов в присутствии другого растет с меньшей скоростью), **симбиоза** (когда виды способствуют росту друг друга) и типа **хищник-жертва** или паразит-хозяин (когда численность вида-жертвы в присутствии вида-хищника растет медленнее, а вида-хищника- быстрее); виды взаимодействия, когда один из видов чувствует присутствие второго, а другой - нет (аменсализм и комменсализм), или виды нейтральны [1],[2],[4].

3. Изучение сосуществования N видов. Консервативные и диссипативные биологические сообщества.

Предварительное расширение гипотез. Коэффициент прироста каждого изолированно живущего вида становится зависимым от числа его индивидуумов (сохраняется гипотеза эквивалентов). Консервативные системы, теоремы о биомассе консервативного сообщества. Диссипативные системы . Определение и нахождение характеристических условий. Свойства биомассы диссипативного сообщества. [3], [1],[2],[6]

4. Понятие возникновения гипотез их математическое обоснование. Энергетическое последействие в биологии

Понятие о материально-энергетических балансах и способах их использования для построения математических моделей. Непрерывные модели: рост популяции в среде с неограниченным запасом питания (модель Мальтуса); рост при ограничениях скорости роста отравлением, влияние смертности и т.п. (модель Ферхюльста и ее модификации); модель роста популяции с нижней границей численности; модель роста популяции с верхней и нижней границами численности; Влияние запаздывания на вид модели, ее автономность, фазовые траектории и устойчивость. [1],[2],[6].

5. Уравнение баланса в экологии и модель Вольтерра.

Простые дифференциальные уравнения , описывающие рост популяций. Модель Вольтерра хищник-жертва. Уравнения баланса масс в трёх основных группах: продуценты (зелёные растения, способные фиксировать световую энергию и использовать в пищу простые вещества), консументы (животные, пожирающие другие организмы и разлагатели, расщепляющие мёртвую органику на простые вещества, которые используются продуцентами) , субстрат (абиотические вещества, в основном, продукты жизнедеятельности консументов, которые используются продуцентами [1], [4],[5], [2], [3] [6].

6. Динамика сообщества с двумя трофическими уровнями. Понятие запаздывания в моделях Вольтерра

Понятие трофической цепи в экологии. Исследование устойчивости трофических структур в рамках моделей «почти вольтеровского» типа. Влияние процесса запаздывания на динамику системы. Причины запаздывания. Запаздывающее действие факторов, ограничивающих численность .Запаздывание, обусловленное временем развития [1], [2], [3], [6].

7. Устойчивость стационарных состояний популяций.

Существование и устойчивость по Ляпунову положительного и стационарного решения в консервативных и диссипативных сообществах. Понятие равновесия. Динамические системы. Устойчивые и неустойчивые динамические системы.. [1], [2], [3], [6].

8. Модель популяций вымирающих видов. Хаос и циклы в уравнениях , определяющих такие модели

Поведение решения уравнений математической модели вымирающих видов. Рассматривается несколько случаев:среди решений нет ни одного притягивающего цикла, существует притягивающий цикл периода *n*, закон изменения численности популяций не совпадает с законом , имеющим притягивающий цикл, но близок к нему. Динамический и детерминированный хаос. Причины появления. хаоса. Неустойчивость (чувствительность) по отношению к начальным условиям и параметрам. [1], [2], [3], [6].

9. Дискретная модель возрастной структуры популяций . Оператор Лесли и его основные свойства.

Система хищник-жертва без учёта возрастной структуры.Модель, зависящая от числа особей жертвы, приходящая на одного хищника. Уравнение Лесли, описывающее этот процесс. Свойства оператора Лесли [1], [5], [8], [2], [3] [6].

10. Обобщенная модель хищник -жертва

О модели хищник-жертва, рассмотренной Колмогоровым: случай, когда в модели отсутствует межвидовая конкуренция [1], [2], [3] [6].

11 Устойчивость системы хищник-жертва.

Необходимое и достаточное условие устойчивости системы уравнений стационарного состояния. [1], [2], [3] [6].

12. *Разомкнутые и замкнутые трофические цепи и их экологическая устойчивость*

Исследование двух видов трофических систем. Условия существования трофических цепей [1], [2], [3] [6].

13. Диффузионные модели пространственно распределённых сообществ, экосистема океанов. Диффузионная неустойчивость в системе хищник-жертва. Стабилизация миграции в экосистемах.

Модель экосистем, где однородность резко нарушена. Знакомство с экосистемами океанов, где количество основного ресурса (света) меняется с глубиной (экспоненциально убывает с глубиной). Модели миграции в экосистемах. Влияние анизатропности среды на примере систем с $n=2$ местообитаниями. Пространственная неоднородность в популяциях и сообществах с экологической точки зрения [1], [2], [3] [6].

14. Метод малого параметра в исследованиях эффекта миграции

Постановка задачи , предполагающая достаточную малость параметра миграции по сравнению с параметрами биологических взаимодействий [1], [2], [3] [6].

15. Устойчивость систем без самолимитирования. Влияние хищничества на устойчивость конкурентного сообщества.

О двух противоположных экологических точек зрения. Некоторые подходы проблемы сложность против устойчивости. Связь устойчивости с возрастанием числа видов в сообществе из двух трофических уровней. [1], [2], [3] [6].

Темы самостоятельных работ

1. Системный анализ в экологии.
2. Математическое моделирование климата.
3. Моделирование течений и загрязнения водоемов.
4. Моделирование процессов загрязнения атмосферы.
5. Моделирование динамики популяций.
6. Устойчивость биологических сообществ.
7. Комбинаторика и ее приложения в генетике.
8. Действия над событиями.

9. Вероятности. Условная вероятность. Сложение вероятностей.
10. Числовые характеристики непрерывных и дискретных случайных величин.
11. Числовые характеристики непрерывных и дискретных случайных величин.
12. Законы распределения.
13. Графическое представление статистических распределений.
14. Параметры выборки.
15. Проверка гипотезы о равенстве средних совокупностей.
16. Гипотеза об однородности выборок.
17. Непараметрические критерии проверки гипотез.
18. Оценка тесноты линейной зависимости. Отыскание уравнения регрессии.
19. Двухфакторный дисперсионный анализ.
20. Множественный коэффициент корреляции.

Список литературы

Основная

1. Смит Дж. М. Модели в экологии. М, Наука, 1976, 184 стр.

2. Вольтера В. Математическая теория борьбы за существование. М., Наука, 1976, 288 стр.

3. Марчук Г. И. Математическое моделирование в проблеме окружающей среды., М, Наука, 1982.

4. Самарский А.А. Теория разностных схем, М., Наука, 1977.

5. Həmzəyev X.M., İsmayılov Q.Q. Ekoloji problemlərdə riyazi modelləşdirmə - Bakı, 2002.

6.Свирежев Ю.М., Логофет Д.О. Устойчивость биологических сообществ, М., Наука, 1978, 352 стр.

Дополнительная

6. Николайкина Н.Е., Николайкин Н.И., Мотягина А.М. Промышленная экология, Москва, ИКЦ «Академкнига», 2006.

7. Абузяров З.К., Шамраев Ю.И., Морские гидрологические информации и прогнозы., Гидрометеоиздат., Ленинград, 1974.

8. Заварина М.В., Юдин М.И., Счетные машины и их использование в метеорологии и климатологии, Гидрометеорологическое издательство, Ленинград, 1983.