

ФГБОУ ВО «АГУ»	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Адыгейский государственный университет»
	Рабочая программа дисциплины (модуля)
	СМК. ОП-2/РК-7.3.3

«УТВЕРЖДАЮ»

Декан инженерно-физического
факультета

А.В. Аракелов

 20 18 г.

Рабочая программа дисциплины (модуля)

Б1.В.ДВ.03.01 Математические модели в экологии


направление подготовки 44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)


направленность Физика и Информатика

Факультет инженерно-физический

Кафедра теоретической физики

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры теоретической физики от «28» августа 2018 г., протокол № 13

Заведующий кафедрой: доктор физ.-мат. наук, доцент, профессор кафедры теоретической физики В.Б. Тлячев 

Составитель (разработчик) программы: доктор физ.-мат. наук, доцент, профессор кафедры теоретической физики В.Б. Тлячев 

РПД адаптирована для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

ФГБОУ ВО «АГУ»	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Адыгейский государственный университет»	
	Рабочая программа дисциплины (модуля)	
	СМК. ОП-2/РК-7.3.3	
Содержание		
		стр.
	Пояснительная записка	3
1.	Цели и задачи дисциплины (модуля)	3
2.	Объём дисциплины (модуля) по видам учебной работы	4
3.	Содержание дисциплины (модуля)	4
4.	Самостоятельная работа обучающихся	18
5.	Учебно-методическое обеспечение дисциплины (модуля)	21
6.	Методические рекомендации по дисциплине (модулю)	22
7.	Обеспечение образовательного процесса для лиц с ограниченными воз- можностями здоровья и инвалидов	24
8.	Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)	26
9.	Лист регистрации изменений	27

ФГБОУ ВО «АГУ»	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Адыгейский государственный университет»
	Рабочая программа дисциплины (модуля)
	СМК. ОП-2/РК-7.3.3
<p align="center">Пояснительная записка</p> <p>Рабочая программа дисциплины (модуля) составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки), направленность (профиль): Физика и Информатика.</p> <p>РП представляет собой совокупность дидактических материалов, направленных на реализацию содержательных, методических и организационных условий подготовки по направлению подготовки 44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки), направленность (профиль): Физика и Информатика.</p> <p>Дисциплина относится к дисциплинам вариативной части блока 1 учебного плана по направлению подготовки: 44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки), направленность (профиль): Физика и Информатика.</p> <p>Для освоения дисциплины (модуля) необходимы знания, умения и владения, сформированные в ходе изучения следующих дисциплин и прохождения практик: общая физика.</p> <p>Трудоемкость дисциплины: 7 з.е./ 252 ч.;</p> <p>контактная работа:</p> <p>занятия лекционного типа – 16 ч.,</p> <p>занятия семинарского типа (практические занятия) – 32 ч.,</p> <p>контроль самостоятельной работы – 2 ч.,</p> <p>иная контактная работа – 0,3 ч.,</p> <p>контролируемая письменная работа – 0 ч.,</p> <p>СР – 140 ч.,</p> <p>контроль – 61,7 ч.</p> <p>Ключевые слова: экология, математическая модель, численные методы, дифференциальные уравнения, системы, модели Мальтуса, Лоттки-Вольтерра.</p> <p>Составитель: В.Б. Тлячев, доктор физ.-мат. наук, доцент, профессор кафедры теоретической физики.</p> <p>1. Цели и задачи дисциплины (модуля).</p> <p>Изучение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:</p> <ul style="list-style-type: none"> - способностью использовать современные методы и технологии обучения и диагностики (ПК-2); - способностью использовать возможности образовательной среды для достижения личностных, метапредметных и предметных результатов обучения и обеспечения качества учебно-воспитательного процесса средствами преподаваемого учебного предмета (ПК-4). <p>Цель дисциплины:</p> <ul style="list-style-type: none"> - дать базовые знания и представления о возможностях математического моделирования в экологии, основных моделей и области их применимости, показать, на какие принципиальные качественные вопросы может ответить математическая модель в виде которой формализованы знания о протекающем процессе. Возможности математического моделирования иллюстрируются примерами моделей, которые можно считать классическими. <p>Задачи дисциплины:</p> <ul style="list-style-type: none"> - усвоение понятий и приобретение навыков, необходимых для решения практических задач моделирования; 	

ФГБОУ ВО «АГУ»	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Адыгейский государственный университет»
	Рабочая программа дисциплины (модуля)
	СМК. ОП-2/РК-7.3.3

- построение математической модели процесса;
- методы исследования математических моделей в экологии;
- понятие адекватности модели и анализ решения с точки зрения практических приложений.

2. Объем дисциплины (модуля) по видам учебной работы.

Таблица 1. Объем дисциплины (модуля) общая трудоемкость: 7 з.е

Виды учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах
		IV
Общая трудоемкость дисциплины	252	252
Контактная работа:		
Аудиторные занятия	50,3	50,3
занятия лекционного типа	16	16
занятия семинарского типа (семинары)	32	32
контроль самостоятельной работы	2	2
иная контактная работа	0,3	0,3
контролируемая письменная работа		
контроль	61,7	61,7
Самостоятельная работа (СР)	140	140
Курсовая работа (проект)		
Вид промежуточного контроля (зачет, экзамен, диф. зачет)		экзамен

3. Содержание дисциплины (модуля).

Таблица 2. Распределение часов по темам и видам учебной работы

Номер раздела	Наименование разделов и тем дисциплины (модуля)	Объем в часах					
		Всего	Л	ПЗ	КСР	СР	
1	Основы экологии. Математическое введение. Понятие устойчивости. Фазовый портрет системы на плоскости. Бифуркационная диаграмма.	14	2	4	0,5	20	0,3
2	Простейшие математические модели популяционной динамики. Демографическая модель роста Мальтуса (жесткая и мягкая).	19	4	6	0,5	20	
3	Динамика популяции при внутривидовом агрегировании.	15	2	4		20	

ФГБОУ ВО «АГУ»	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Адыгейский государственный университет»						
	Рабочая программа дисциплины (модуля)						
	СМК. ОП-2/РК-7.3.3						

4	Динамика численности популяции в ограниченной среде (Ферхюльста-Перла).	15	2	4	0,5	20	
5	Модель «хищник-жертва». Модель Лоттки-Вольтерра.	15	2	6	0,5	20	
6	Модель эпидемии.	15	2	4		20	
7	Модель Колмогорова «хищник-жертва».	15	2	4		20	
Итого		252	16	32	2	140	0,3

Содержание и методические рекомендации по некоторым темам дисциплины. Элементы лекционных занятий

В настоящее время сформировалось два основных направления исследований: экосистемное и популяционное. Причем при изучении растительных сообществ чаще используется экосистемный подход, а сообществ наземных животных и птиц – популяционный. Сообщества водных организмов служат объектом для обоих подходов. К математическим ключевым словам были отнесены названия статистических характеристик, методов преобразования и обработки данных, пакетов прикладных программ. Выделяется шесть смысловых групп математических терминов:

- I. Стандартные статистические методы;
- II. Многомерные методы (множественная регрессия и многофакторный дисперсионный анализ);
- III. Отклонение от нормальности, непараметрические методы;
- IV. Таблицы сопряженности и множественные сравнения;
- V. Марковские случайные процессы;
- VI. Дифференциальные уравнения.

Группы II и III характеризуют более продвинутые (сложные) методы по сравнению с группой I. Группу III характеризуют методы, в которых, в отличие от базовых, не выполняется предположение о нормальности данных, а в группе II представлены многофакторные методы. Группы IV характеризуется акцентом на дискретную природу факторов. Наконец, группы V и VI связаны с построением динамических моделей – вероятностных и детерминистских.

Математическая модель роста Мальтуса (жесткая и мягкая) ¹

Простейшая модель роста $\dot{x}=kx$ предложена Мальтусом (для роста населения Земли). Она ведет, как хорошо известно, к экспоненциальному (очень быстрому) росту населения x с течением времени. Явления насыщения происходят в любой популяции (и, вероятно, вскоре произойдут с человечеством в целом): когда население становится слишком большим, мальтусовская жесткая модель с постоянным коэффициентом роста k перестает быть применимой. Естественно, при слишком больших x конкуренция за ресурсы (пищу, гранты и т. д.) приводит к уменьшению k , и жесткая модель Мальтуса должна быть заменена мягкой моделью

¹ По материалам книги В.И. Арнольд. Обыкновенные дифференциальные уравнения: Учеб. пособие для вузов.

$$\dot{x} = k(x)x$$

с зависящим от населения коэффициентом размножения. Простейшим примером является выбор $k(x) = a - bx$, что приводит к так называемой **логистической модели** (рис. 1):

$$\dot{x} = ax - bx^2, \text{ например, } \dot{x} = x - x^2.$$

Выбором системы единиц x и t можно превратить коэффициенты a и b в 1. Подчеркну, однако, что выводы, которые будут сделаны ниже, остаются (с точностью до числовых значений констант) справедливыми и при любых значениях коэффициентов a и b и даже для широкого класса моделей с различными (убывающими с x) функциями $k(x)$. Иными словами, дальнейшие выводы относятся ко всей мягкой модели, а не к специальной жесткой логистической модели.

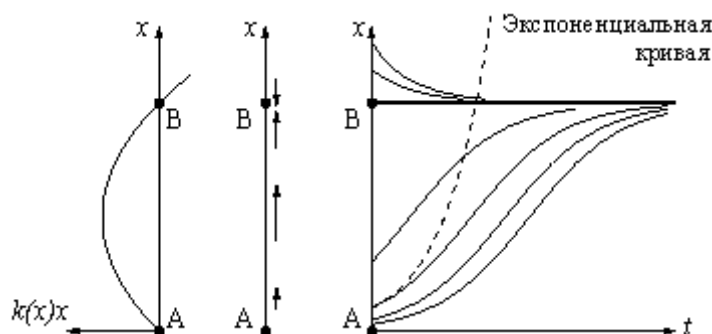


Рис. 1. Логистическая модель.

На рис. 2 слева изображен график функции $k(x)x$, положительной между точками A и B . В центре изображено векторное поле (именно, в каждой точке, изображающей состояния, приложен вектор скорости изменения этого состояния, т. е. \dot{x}) на изображающей всевозможные состояния системы оси x . Оно указывает скорость эволюции состояния. В точках A и B скорость равна нулю: это стационарные состояния. Между A и B скорость положительна (население растет), а за точкой B - отрицательна (население убывает). Справа изображена результирующая зависимость населения от времени при разных начальных условиях.

Модель предсказывает, что с течением времени устанавливается стационарный режим B , который устойчив: большее население уменьшается, меньшее - увеличивается.

Логистическая модель удовлетворительно описывает многочисленные явления насыщения. Вблизи A , когда население мало, она очень близка к мальтузианской модели. Но при достаточно больших x (порядка $1/2$ при нашем выборе коэффициентов) наблюдается резкое отличие от мальтузианского роста (обозначенного на рис. 2 пунктиром): вместо ухода x на бесконечность население приближается к стационарному значению B . Население Земли сейчас приближается к 6 миллиардам. Стационарное значение (по разным оценкам) 16-20 миллиардов человек.

Логистическая модель является обычной в экологии. Можно себе представить, например, что x - это количество рыб в озере или в мировом океане. Посмотрим теперь, как скажется на судьбе этих рыб рыболовство с интенсивностью c :

$$\dot{x} = x - x^2 - c.$$

Вычисления показывают, что ответ резко меняется при некотором критическом значении квоты вылова, c . Для нашей жесткой модели это критическое значение есть $c = 1/4$, но аналогичные явления имеют место и для мягкой модели

$$\dot{x} = x - k(x)x - c$$

(критическое значение c в этом случае максимум функции $k(x)x$).

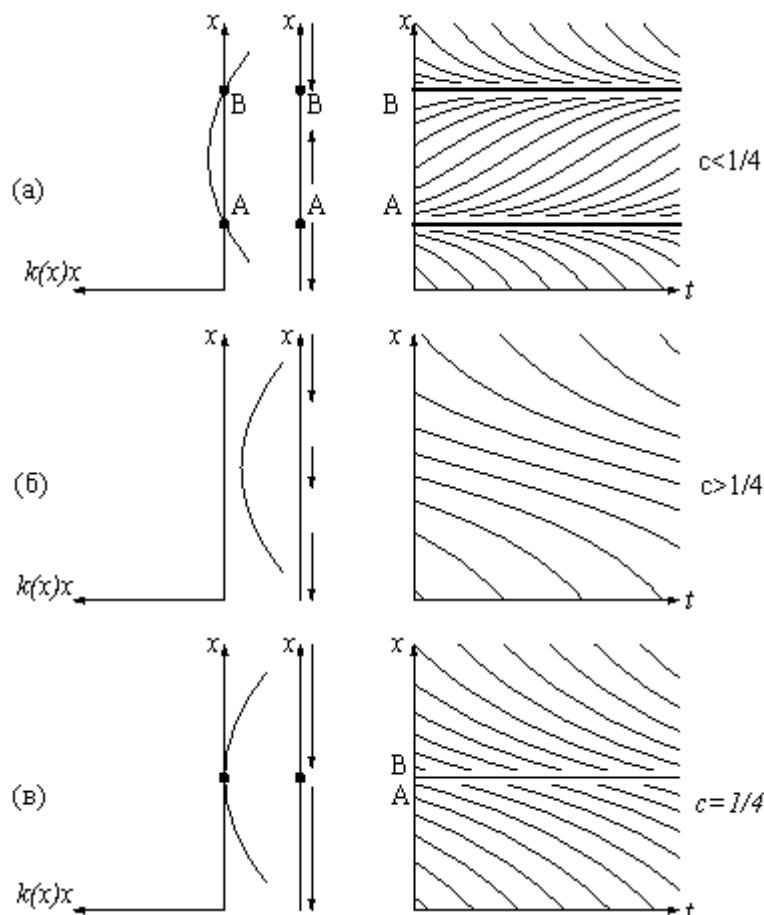


Рис. 2. Недолов (а), перелов (б) и оптимизация (в) рыболовства.

Ход эволюции числа рыб x с течением времени t изображен на рис. 3. Если квота c мала, то изменения (по сравнению со свободной популяцией, для которой $c = 0$) состоят в следующем.

Система имеет два равновесных состояния, A и B . Состояние B устойчиво: популяция в этом случае несколько меньше, чем необлавливаемая, но она восстанавливается при малых отклонениях x от равновесного значения B .

Состояние A неустойчиво: если вследствие каких-либо причин (скажем, браконьерства или мора) размер популяции упадет хоть немного ниже уровня A , то в дальнейшем популяция (хотя и медленно, если отличие от A невелико) будет уничтожена полностью за конечное время.

Выбор значения параметра c является чрезвычайно важным моментом управления эксплуатацией популяции x . Стремясь к увеличению квоты эксплуатации c , разумная планирующая организация не должна превосходить критический уровень (в нашем случае $c = 1/4$). Оптимизация приводит к выбору именно критического значения $c = 1/4$, при котором эксплуатируемая популяция еще не уничтожается, но доход от эксплуатации за единицу времени достигает максимально возможного значения $c = 1/4$ (большой доход в нашей популяции в течение длитель-

ФГБОУ ВО «АГУ»	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Адыгейский государственный университет»
	Рабочая программа дисциплины (модуля)
	СМК. ОП-2/РК-7.3.3

ного времени невозможен, так как максимальная скорость прироста даже и неэксплуатируемой популяции есть $1/4$).

Из нижней части рис. 2 мы видим, что произойдет при таком "оптимальном" выборе, $c = 1/4$. Какова бы ни была начальная популяция $x > 1/2$, с течением времени она выйдет на стационарный режим $A=B = 1/2$. Эта стационарная популяция, однако, неустойчива. Небольшое случайное уменьшение x приводит к полному уничтожению популяции за конечное время.

Следовательно, *оптимизация параметров плана может приводить* (и приводит во многих случаях, из которых наша модель - лишь простейший пример) *к полному уничтожению планируемой системы вследствие возникающей из-за оптимизации неустойчивости*.

Эта мягкая модель, при всей своей очевидной примитивности, позволяет, однако, предъ-
явить способ борьбы с указанным злом. Оказывается, устойчивость восстанавливается, если заменить жесткое планирование **обратной связью**. Иными словами, решение о величине эксплуатации (квоты вылова, налогового пресса и т. д.) следует принимать не директивно ($c=const$), а в зависимости от достигнутого состояния системы:

$$c=kx,$$

где параметр k ("дифференциальная квота") подлежит выбору.

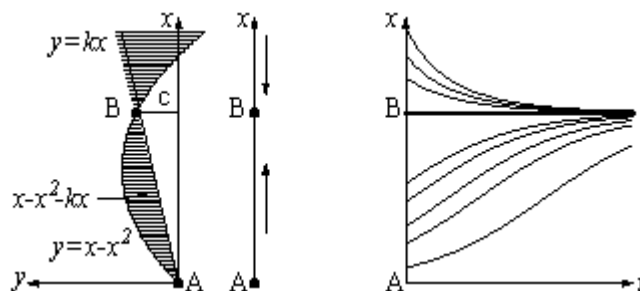


Рис. 3. Устойчивая система с обратной связью.

В этом случае модель принимает вид (рис. 3)

$$\dot{x} = x - x^2 - kx.$$

При $k < 1$ с течением времени устанавливается стационарное состояние B, которое устойчиво. Средний многолетний "доход" $c = kx$ в этом состоянии оптимален, когда прямая $y = kx$ проходит через вершину параболы $y = x - x^2$, т. е. при $k = 1/2$. При этом выборе дифференциальной квоты k средний "доход" $c = 1/4$ достигает максимального возможного в нашей системе значения. Но, в отличие от жестко планируемой системы, система с обратной связью устойчива и при оптимальном значении коэффициента k (небольшое случайное уменьшение по отношению к стационарному уровню $x=B$ приводит к автоматическому восстановлению стационарного уровня силами самой системы).

Более того, небольшое отклонение коэффициента от оптимального значения $k = 1/2$ приводит не к самоуничтожению системы (как это было при небольшом отклонении от оптимального жесткого плана c), а лишь к небольшому уменьшению "дохода".

Итак, *введение обратной связи (т. е. зависимости принимаемых решений от реального состояния дел, а не только от планов) стабилизирует систему, которая без обратной связи разрушилась бы при оптимизации параметров*.

Все сказанное выше останется справедливым и для мягкой модели (с соответствующим пересчетом коэффициентов). Следует подчеркнуть, что именно эта независимость от деталей

жесткой модели (которые, как правило, не слишком хорошо известны) делает выводы мягкого моделирования полезными.

Математическая модель межвидовой борьбы Ферхюльста-Перла.

Реализация моделей в MAPLE

Решение в общем виде:

with(DEtools):

with(plots):

dsolve(diff(x(t),t)=(a-b*x(t))*x(t));

$$x(t) = \frac{a}{b + e^{(-a t)} _C1 a}$$

Рассмотрим модель с начальным условием и коэффициентами;

with(DEtools):

with(plots):

dsolve(diff(x(t),t)=x(t)-x(t)^2);

$$x(t) = \frac{1}{1 + e^{(-t)} _C1}$$

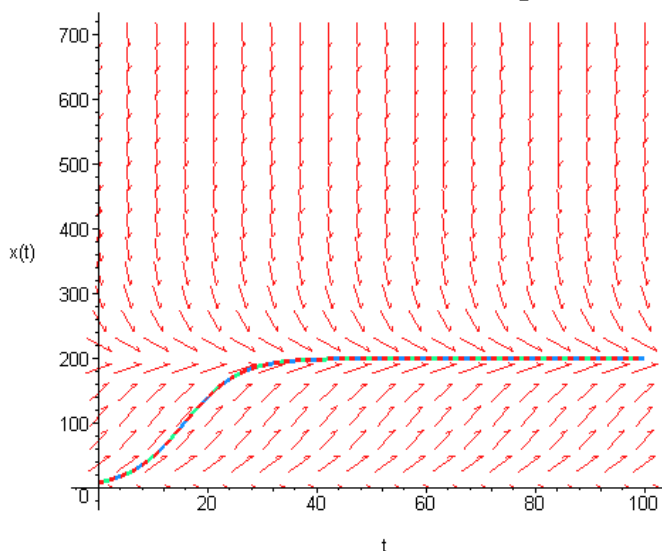
Рассмотрим решения:

> with(plots):

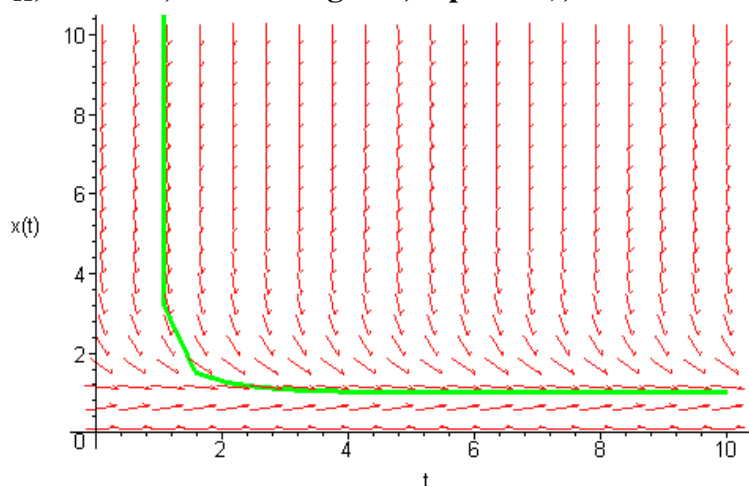
with(DEtools):

phaseportrait(D(x)(t)=0.2*x(t)-0.001*x(t)^2,

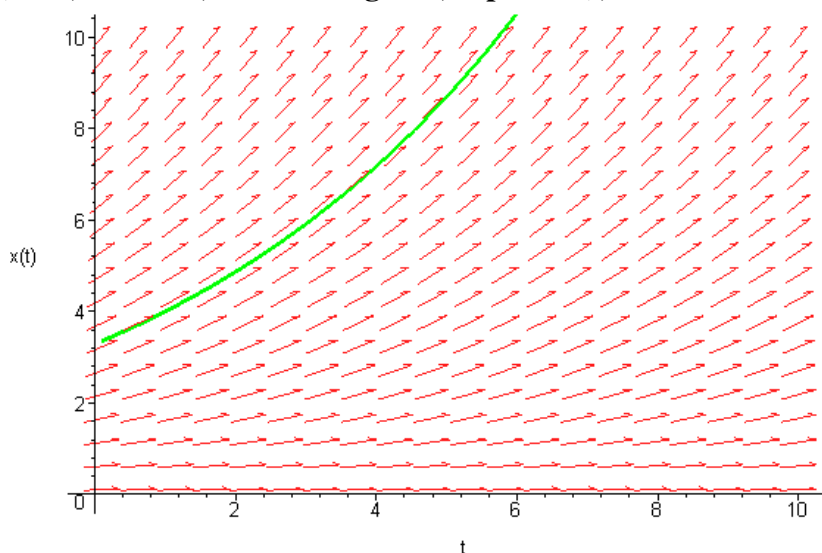
x(t),t=0.1..100,[[x(1)=10]],x=0.1..700,colour=cos(t*Pi/2),stepsize=1);



```
> with(plots):
with(DEtools):
phaseportrait(D(x)(t)=x(t)-x(t)^2,\
x(t),t=0.1..10,[[x(1)=4]],x=0.1..10,linewidth=green,stepsize=1);
```



```
> with(plots):
with(DEtools):
phaseportrait(D(x)(t)=0.2*x(t)-0.001*x(t)^2,\
x(t),t=0.1..10,[[x(1)=4]],x=0.1..10,linewidth=green,stepsize=1);
```



Объединить графики можно с помощью команды **DISPLAY**

```
> with(plots):
with(DEtools):
r1:=phaseportrait(D(x)(t)=x(t)-x(t)^2,\
x(t),t=0.1..10,[[x(1)=4]],x=0.1..10,linewidth=green,stepsize=1):
r2:=phaseportrait(D(x)(t)=0.2*x(t)-0.001*x(t)^2,\
x(t),t=0.1..100,[[x(1)=10]],x=0.1..700,linewidth=cos(t*Pi/2),stepsize=1):
```

ФГБОУ ВО «АГУ»	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Адыгейский государственный университет»
	Рабочая программа дисциплины (модуля)
	СМК. ОП-2/ПК-7.3.3

display({r1,r2});

Математическая модель Лотки-Вольтерры

```

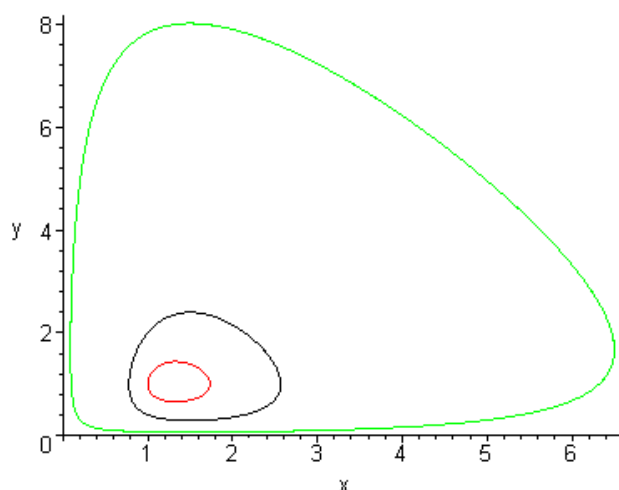
> restart:
with(plots) :
# записываем систему
a1:=5:
b1:=6:
c1:=3:
d1:=4:
sys1:={diff(x(t),t)=a1*x(t)-c1*x(t)*y(t),diff(y(t),t)=-
b1*y(t)+d1*x(t)*y(t)};
# начальные условия
IC_1:={x(0)=0.1,y(0)=1};
# численно решаем систему дифференциальных уравнений
ans1:=dsolve(sys1 union
IC_1,{x(t),y(t)},numeric,output=listprocedure);
# строим график зависимости x от y
p1:=odeplot(ans1,[x(t),y(t)],0..2*Pi,numpoints=50,color=green):

a2:=1:
b2:=3:
c2:=1:
d2:=2:
sys2:={diff(x(t),t)=a2*x(t)-c2*x(t)*y(t),diff(y(t),t)=-
b2*y(t)+d2*x(t)*y(t)};
IC_2:={x(2)=1,y(2)=2};
ans2:=dsolve(sys2 union
IC_2,{x(t),y(t)},numeric,output=listprocedure);
p2:=odeplot(ans2,[x(t),y(t)],0..2*Pi,numpoints=50,color=black):

a3:=2:
b3:=4:
c3:=2:
d3:=3:
sys3:={diff(x(t),t)=a3*x(t)-c3*x(t)*y(t),diff(y(t),t)=-
b3*y(t)+d3*x(t)*y(t)};
IC_3:={x(0)=1,y(0)=1};

```

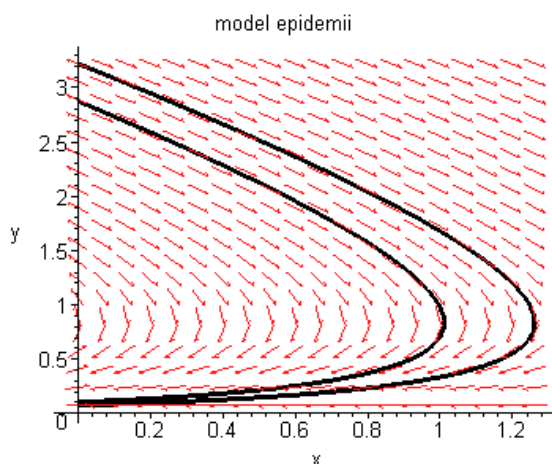
```
ans3:=dsolve(sys3 union
IC_3,{x(t),y(t)},numeric,output=listprocedure);
p3:=odeplot(ans3,[x(t),y(t)],0..2*Pi,color=red):
# выводим графики зависимостей в одной системе координат
display({p1,p2,p3});
```



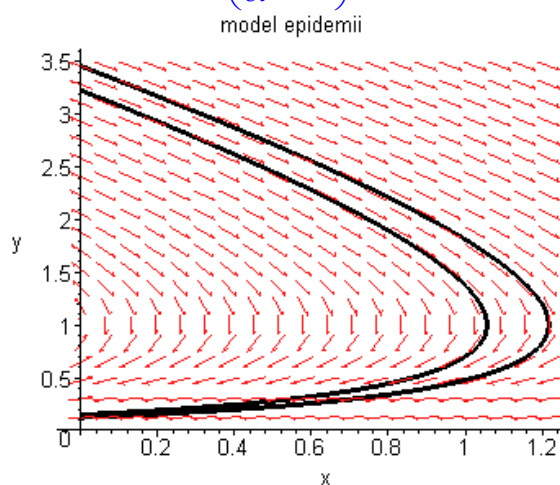
Модель эпидемии

$$\begin{cases} x' = axy - bx \\ y' = -axy \\ z' = bx \end{cases}$$

```
> restart:
#коэффициенты a и b, alfa<1
a:=6:b:=5:
#система
sys1:={diff(x(t),t)-a*x(t)*y(t)+b*x(t)=0,
diff(y(t),t)+a*x(t)*y(t)=0};
with(DEtools):
#график решения
DEplot([diff(x(t),t) = a*x(t)*y(t)-b*x(t),
diff(y(t),t)=-a*x(t)*y(t)], [x(t),y(t)], t=-7..7,
[[x(0)=1,y(0)=.7],[x(0)=1.2,y(0)=1.2]], stepsize=.02, title=`model ep-
idemii`, linecolor=black, method=rkf45);
sys1 := { (d/dt y(t)) + 6 x(t) y(t) = 0, (d/dt x(t)) - 6 x(t) y(t) + 5 x(t) = 0 }
```



```
> restart:
#коэффициенты a и b, alfa<1
a:=2:b:=2:
#система
sys1:={diff(x(t),t)-a*x(t)*y(t)+b*x(t)=0,
diff(y(t),t)+a*x(t)*y(t)=0};
with(DEtools):
#график решения
DEplot([diff(x(t),t) = a*x(t)*y(t)-b*x(t),
diff(y(t),t)=-a*x(t)*y(t)], [x(t), y(t)], t=-7..7,
[[x(0)=1, y(0)=.7], [x(0)=1.2, y(0)=1.2]], stepsize=.02,
title='model epidemii', linecolor=black, method=rkf45);
sys1 := {  $\left(\frac{\partial}{\partial t} x(t)\right) - 2 x(t) y(t) + 2 x(t) = 0, \left(\frac{\partial}{\partial t} y(t)\right) + 2 x(t) y(t) = 0 }$ 
```



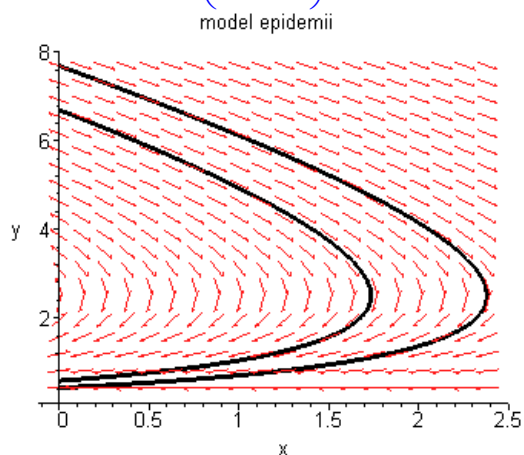
```
> restart:
#коэффициенты a и b, alfa<1
a:=2:b:=5:
#система
```

ФГБОУ ВО «АГУ»	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Адыгейский государственный университет»
	Рабочая программа дисциплины (модуля)
	СМК. ОП-2/ПК-7.3.3

```

sys1:={diff(x(t),t)-a*x(t)*y(t)+b*x(t)=0,
diff(y(t),t)+a*x(t)*y(t)=0};
with(DEtools):
#график решения
DEplot([diff(x(t),t) = a*x(t)*y(t)-b*x(t),
diff(y(t),t)=-a*x(t)*y(t)], [x(t), y(t)], t=-7..7,
[[x(0)=1, y(0)=.7], [x(0)=1.2, y(0)=1.2]], stepsize=.02,
title='model epidemii', linecolor=black, method=rkf45);
sys1 := {  $\left(\frac{\partial}{\partial t} x(t)\right) - 2 x(t) y(t) + 5 x(t) = 0, \left(\frac{\partial}{\partial t} y(t)\right) + 2 x(t) y(t) = 0$  }

```



Содержание практических занятий

Номер ПЗ	Номер раздела и темы	Наименование и краткое содержание ПЗ	Объем в часах
1	Математическое введение. Устойчивость многочленов. Фазовый портрет системы на плоскости. Бифуркационная диаграмма.	Аналитический метод исследования на асимптотическую устойчивость. Метод Ляпунова. Построение фазового портрета и бифуркационной диаграммы динамической системы, правая часть которого многочлен второй степени. Компьютерные программы P5 и Maxima построения фазовых портретов.	4
2, 3	Простейшие математические модели популяционной динамики. Демографическая модель роста Мальтуса (жесткая и мягкая).	1. Из эксперимента известно, что скорость размножения бактерий при достаточном запасе пищи пропорциональна их количеству. За какое время количество бактерий увеличится в m раз по сравнению с их начальным количеством? 2. Поглощение светового потока тонким слоем воды пропорционально толщине слоя и потоку, падающему на его поверхность. При прохождении через слой толщиной 1 м поглощается $1/4$	6

ФГБОУ ВО «АГУ»	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Адыгейский государственный университет»		
	Рабочая программа дисциплины (модуля)		
	СМК. ОП-2/РК-7.3.3		
		<p>первоначального светового потока. Какая часть светового потока дойдет до глубины h?</p> <p>3. Для некоторой группы населения установлено, что вероятность рождения в единицу времени выражается формулой</p> $(0,2 + 0,01N), c^{-1},$ <p>а вероятность смерти в единицу времени равна</p> $0,02N, c^{-1}.$ <p>Приняв начальную численность населения N_0 равной 5, постройте график решения детерминистического уравнения. Определите установившееся решение.</p> <p>4. Рассмотрим модель Мальтуса, учитывающую нестационарность среды:</p> $(5) \quad \frac{dN}{dt} = \varepsilon(t)N(t), \quad N(0) = N_0$ <p>Пусть коэффициент прироста $\varepsilon(t)$ является периодической функцией с периодом, равным T ($T > 0$), т.е.</p> $\varepsilon(t + T) = \varepsilon(t), \quad \forall t > 0$ <p>Обозначим среднее значение коэффициента прироста $\varepsilon(t)$ на промежутке времени длиной T через</p> $(6) \quad \bar{\varepsilon} = \frac{1}{T} \int_t^{t+T} \varepsilon(\tau) d\tau$ <p>1) Покажите, что функция</p> $(7) \quad \varphi(t) = \exp \left\{ \int_0^t (\varepsilon(\tau) - \bar{\varepsilon}) d\tau \right\}$ <p>является периодической с периодом T.</p> <p>2) Выясните, обладает ли решение $N = N(t)$ уравнения (5) свойством периодичности.</p> <p>3) Пусть среднее значение коэффициента прироста на промежутке времени длиной T равно 0. Будет ли верным равенство среднего значения численности популяции на промежутке времени длиной T значению начальной численности популяции?</p>	
4	Динамика популяции при внутривидовом агрегировании.	<p>Пусть динамика популяции описывается уравнением</p> $\frac{dN}{dt} = \alpha N(N - L) \frac{K - N}{K}, \quad \alpha > 0, K > L > 0$	4

ФГБОУ ВО «АГУ»	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Адыгейский государственный университет»		
	Рабочая программа дисциплины (модуля)		
	СМК. ОП-2/РК-7.3.3		
		где L - нижняя критическая плотность популяции (при начальном значении $N(0) < L$ популяция обречена на вымирание), K - стационарная плотность, аналогичная емкости среды в логистической модели. Постройте интегральные кривые уравнения, характеризующие динамику численности популяции.	
5	Динамика численности популяции в ограниченной среде (Ферхюльста-Перла).	<p>Найдите решение уравнения Ферхюльста-Пирла (Ф-П)</p> $\frac{dN}{dt} = (\varepsilon - \alpha N)N, \quad \varepsilon, \alpha - const > 0,$ <p>удовлетворяющее условию</p> $N(0) = N_0.$ <p>Постройте интегральные кривые уравнения. Дайте биологическую интерпретацию модели. Зная начальную плотность N_0, причем $N_0 < K/2$ ($K = \varepsilon/\alpha$ - емкость среды), выясните, в какой момент времени будет наблюдаться максимальный прирост численности популяции.</p> <p>Замечание: Пусть параметр K - емкость среды, тогда уравнение Ф-П можно записать в виде</p> $\frac{dN}{dt} = \frac{\varepsilon N}{K} (K - N)$	4
6	Модель «хищник-жертва». Модель Лотки-Вольтерра.	<p>Пусть $(N_1(t), N_2(t))$ - периодическое решение уравнений типа "хищник-жертва" (модель Лотки-Вольтерры):</p> $\frac{dN_1}{dt} = (\varepsilon_1 - \gamma_1 N_2)N_1, \quad \frac{dN_2}{dt} = (-\varepsilon_2 + \gamma_2 N_1)N_2,$ <p>где ε_i, γ_i - положительные постоянные, $i = 1, 2$. Определим среднее значение функции $N_i(t)$ как</p> $\overline{N_i} = \frac{1}{T} \int_0^T N_i(t) dt,$ <p>где T - период колебаний. Покажите, что</p> $\overline{N_1} = \frac{\varepsilon_2}{\gamma_2}, \quad \overline{N_2} = \frac{\varepsilon_1}{\gamma_1}.$ <p>Предположим, что динамические уравнения модифицированы, т.е. добавлены члены $-\alpha_i N_i$, ($\alpha_i > 0$), соответствующие изъятию части популяции:</p>	4

ФГБОУ ВО «АГУ»	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Адыгейский государственный университет»		
	Рабочая программа дисциплины (модуля)		
	СМК. ОП-2/РК-7.3.3		
		$\frac{dN_1}{dt} = (\varepsilon_1 - \gamma_1 N_2)N_1 - \alpha_1 N_1,$ $\frac{dN_2}{dt} = (-\varepsilon_2 + \gamma_2 N_1)N_2 - \alpha_2 N_2.$ <p>Такая модификация возникает, например, при описании влияния рыболовства на популяции рыб или инсектицидов при изучении популяции насекомых. Какое влияние добавленные в уравнения члены оказывают на средние значения функций N_1 и N_2?</p> <p>Установите приближенную форму фазовых траекторий классической модели Лотки-Вольтерра и период колебаний вблизи ненулевого положения равновесия.</p>	
7	Модель эпидемии.	Выписать математическую модель эпидемии и исследовать ее на устойчивость.	4
8	Модель Колмогорова «хищник-жертва».	<p>Модель «хищник-жертва» в общем случае (без учета возрастной структуры) имеет следующий вид:</p> $\begin{cases} \frac{dN_1}{dt} = F_1(N_1, N_2)N_1 \\ \frac{dN_2}{dt} = F_2(N_1, N_2)N_2 \end{cases}$ <p>При этом F_1 убывает с ростом N_1 (такие условия позволяют учесть внутривидовую конкуренцию популяции жертвы), F_2 возрастает с ростом N_1 (хищник питается только жертвой). Будем рассматривать модель Колмогорова следующего вида:</p> $(1) \quad \begin{cases} \frac{dN_1}{dt} = k_1(N_1)N_1 - L(N_1)N_2 \\ \frac{dN_2}{dt} = k_2(N_1)N_2 \end{cases}$ <p>$L(N_1)$ - трофическая функция, которая не зависит от численности хищника, что соответствует отсутствию внутривидовой конкуренции популяции хищника; $k_1(N_1)$ - коэффициент прироста жертвы в отсутствие хищника. Поедание жертвы хищником учитывается слагаемым $L(N_1)N_2$. $k_2(N_1)$ - коэффициент прироста хищником, не зависящий от N_2 (значит, нет внутривидовой конкуренции).</p>	4

ФГБОУ ВО «АГУ»	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Адыгейский государственный университет»
	Рабочая программа дисциплины (модуля)
	СМК. ОП-2/ПК-7.3.3

	ции в популяции хищника).	
	Изучить свойства трофической функции.	
Итого		32

На практических занятиях используются информационно-поисковые системы и базы данных:

1. Информационно-поисковая система «Программно-техническое обеспечение учета объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду» (ПТО УОНВОС: URL <https://onv.fsrpn.ru/>)
2. Информационно-справочная система «Особо охраняемые природные территории России» (ООПТ России). URL: <http://oopt.info/>
3. Информационно-поисковая система «EcoWars». URL: <http://ecowars.tv/>
4. Статистическая база данных ООН по демографии. URL: <https://unstats.un.org/unsd/demographic/products/default.htm>
5. Единая межведомственная информационно-статистическая система (ЕМИСС) России. URL: <https://www.fedstat.ru/>
6. Информационно-поисковый национальный портал – каталог ресурсов по охране природы «Природа России». URL: <http://priroda.ru>
7. Интернет-каталог BioDat-ресурсов. URL: <http://biodat.ru/catal2.html>

4. Самостоятельная работа обучающихся.

Каждое задание предполагает написание обучающимся программы в одной из сред программирования Maple, P5, Maxima и защита ее. При необходимости провести исследование полученной модели путем изменения параметров задачи. За выполнение задания обучающийся получает определенное количество баллов. Однотипные задания собраны в разделы.

Для получения зачета в семестре необходимо набрать 70 баллов, выполнив хотя бы по одному заданию из каждого раздела. Текст заданий приведен ниже.

Для самостоятельной подготовки рекомендуется использовать следующие материалы: Математические модели в экологии: тексто-графический электронный учебно-методический комплекс [Электронный ресурс]/ Е. С. Чернова; КемГУ. – Электрон. дан. – Кемерово: КемГУ, 2011. Режим доступа:

http://www.math.kemsu.ru/kmk/subsites/E.S.Chernova_MATHEMATICAL_MODELS_IN_ECOLOGY/umk/index_main.htm; Сайт для самоподготовки студентов. Дисциплина «Математические методы в экологии». Режим доступа: <http://math-eco.cs.karelia.ru/index.html>

Таблица 3. Содержание самостоятельной работы обучающихся

№ п/п	Вид самостоятельной работы	Разделы или темы рабочей программы	Форма отчетности
1	<i>Индивидуальное домашнее задание.</i> Написать программу, моделирующую мягкую модель Мальтуса. На рабочем окне программы изобразить графики траектории векторного поля, фазовой траектории.	Модель Мальтуса.	Компьютерная модель. Алгоритм и текст программы.

ФГБОУ ВО «АГУ»	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Адыгейский государственный университет»		
	Рабочая программа дисциплины (модуля)		
	СМК. ОП-2/РК-7.3.3		

	Исследовать модель с различными начальными условиями.		
2	Построить компьютерную модель динамики численности популяции в ограниченной среде, учитывающую постоянный некоторый фактор в качестве параметра. Построить бифуркационную диаграмму.	Динамика численности популяции в ограниченной среде (Ферхюльста-Перла).	Компьютерная модель. Алгоритм и текст программы.
3	<i>Реферат</i>	Модели взаимоотношения паразит-хозяин.	Текст реферата, выступление.
4	<i>Доклад</i>	Вероятностные модели популяций и проблема генераторов псевдослучайных чисел.	Текст доклада, презентация, выступление.

Самостоятельная работа взаимосвязана с аудиторной и контролируется преподавателем. На лекциях предлагаются для самостоятельного исследования некоторые задачи. На практических занятиях даются задания для самостоятельного исследования.

Каждому обучающемуся выдаются индивидуальные семестровые задания, для выполнения которых требуется самостоятельная работа.

Темы семестровых индивидуальных заданий

1. Экологическое значение естествознания.
2. Основные проблемы экологии и роль среды для жизни.
3. Закономерности развития экологической системы.
4. Глобальная динамическая модель Форрестера.
5. Глобальная модель биосферы.
6. Проблема охраны водных ресурсов.
7. Модель динамики населения в двух возрастных группах.
8. Модель динамики населения в зависимости от возраста.
9. Классификация взаимодействий двух видов между собой.
10. Модель взаимоотношений типа хищник-жертва.
11. Модель типа хищник-жертва при наличии убежища для жертвы.
12. Модель конкуренции между видами.
13. Виды, оспаривающие одну пищу.
14. Виды, пожирающие друг друга.
15. Динамика системы ресурс-потребитель.
16. Случаи истребления видов.
17. Теплокровные хищники.
18. Модель взаимоотношения паразит-хозяин.
19. Моделирование отлова.
20. Экстремальные свойства экологических систем.
21. Математическое моделирование динамики инфекционных заболеваний.

ФГБОУ ВО «АГУ»	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Адыгейский государственный университет»
	Рабочая программа дисциплины (модуля)
	СМК. ОП-2/РК-7.3.3

22. Модель вертикального распределения фитопланктона в океане.

23. Модель загрязнения воды органическими отходами.

24. Динамика популяций в сложной трофической среде.

25. Моделирование биологических популяций с учетом свойств отдельной особи.

26. Вероятностные модели популяций.

27. Математические модели в генетике.

4.1. Темы курсовых работ (проектов).
Не предусмотрены.

4.2. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся.

Профессиональные базы данных

Базы данных ИНИОН РАН <http://inion.ru/resources/bazy-dannykh-inion-ran/>

ЭБС «Университетская библиотека онлайн» www.biblioclub.ru

Ресурс содержит учебники, учебные пособия, монографии, периодические издания, справочники, словари, энциклопедии. В настоящее время включает более 130 тыс. наименований. Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.

ЭБС АГУ на платформе аппаратно-программного комплекса ООО КДУ <http://advynet.bibliotech.ru>

Ресурс содержит электронные аналоги трудов преподавателей АГУ. Обеспечивает доступ к необходимым для образовательного процесса изданиям. Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.

ООО «Научная электронная библиотека» (НЭБ) www.elibrary.ru

Российский информационно-аналитический портал в области науки, технологии и образования, в том числе электронные версии более 3900 российских научно-технических журналов, из которых более 2800 журналов в открытом доступе.

Международные базы данных научных изданий

Web of Science <https://apps.webofknowledge.com> Наукометрическая реферативная база данных журналов и конференций. Режим доступа: IP адреса университета

Scopus <https://www.scopus.com/search/> – это наукометрическая реферативная база данных, входящая в базу данных SciVerse компании Elsevier. SciVerse объединяет в себе материалы из коллекции рецензированной литературы SciVerse Scopus, собрания полнотекстовых статей SciVerse ScienceDirect. Режим доступа: IP адреса университета.

zbMATH <https://zbmath.org/> Реферативная база данных по чистой и прикладной математике.

Интернет-ресурсы открытого доступа (Open Access)
(Информационно-поисковые (справочные) системы)

Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» <http://window.edu.ru/> Ресурс обеспечивает свободный доступ к интегральному каталогу образовательных интернет-ресурсов, к электронной библиотеке учебно-методических материалов для общего и профессионального образования и к ресурсам системы федеральных образовательных

ФГБОУ ВО «АГУ»	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Адыгейский государственный университет»
	Рабочая программа дисциплины (модуля)
	СМК. ОП-2/РК-7.3.3

порталов, объединяет в единое информационное пространство электронные ресурсы свободно-го доступа для всех уровней образования в России.

Университетская информационная система Россия uisrussia.msu.ru

5. Учебно-методическое обеспечение дисциплины (модуля).

Таблица 4. Основная литература

№ п/п	Наименование, библиографическое описание
1	Карпенков, С.Х. Экология: учебник для вузов : в 2 кн. / С.Х. Карпенков. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2017. – Кн. 2. – 522 с. : ил. – Режим доступа: – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=454237
2	Кононова, З.А. Компьютерное моделирование: экология / З.А. Кононова, С.О. Алтухова, Г.А. Воробьев; Липецкий государственный педагогический университет имени П. П. Семенова-Тян-Шанского. – Липецк: ЛПГУ им. П.П. Семенова-Тян-Шанского, 2018. – Ч. 1, 2 – 101 с. – Режим доступа: – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=576947
3	Экология: учебник / С.М. Романова, С.В. Степанова, А.Б. Ярошевский, И.Г. Шайхиев; Казанский национальный исследовательский технологический университет. – Казань: КНИТУ, 2017. – 340 с. – Режим доступа: – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=500685
4	Гаврилова, Л.В. Математическое моделирование водных экосистем : учебное пособие Л.В. Гаврилова, Л.А. Компаниец, В.Е. Распопов; Сибирский федеральный университет Федеральное агентство научных организаций, Красноярский научный центр Сибирского отделения РАН. – Красноярск: Сибирский федеральный университет (СФУ), 2016. – 202 с. – Режим – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=497152
5	(ЭБС) Университетские библиотеки онлайн. Вало́ва (Копы́лова), В. Д. Экология [Электронный ресурс] : учебник / В. Д. Вало́ва (Копы́лова). - М.: Дашков и Ко, 2012. - 360 с. - 978-5-394-01752-0. Режим доступа: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=115790

Таблица 5. Дополнительная литература

№ п/п	Наименование, библиографическое описание
1	Ризниченко Г.Ю. Биофизическая динамика продукционных процессов. - М.; Ижевск : Ин-т компьютер. исслед., 2004. - 464 с.
2	Ризниченко Г. Ю. Математические модели в биофизике и экологии. — Москва-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2003. 184 с.
3	ЭБС Университетские библиотеки онлайн. Журнал «Экология и жизнь». Режим доступа: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=132506
4	Моисеев Н.Н. Экология человечества глазами математика : (человек, природа и будущее цивилизации). - М. : Молодая гвардия, 1988. - 254 с.

ФГБОУ ВО «АГУ»	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Адыгейский государственный университет»
	Рабочая программа дисциплины (модуля)
	СМК. ОП-2/РК-7.3.3

Таблица 6. Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

№ п/п	Название (адрес) ресурса
1	«Экология и жизнь» Научно-популярный и образовательный журнал. Режим доступа – URL: http://www.ecolife.ru/
2	Шитиков В.К., Розенберг Г.С., Зинченко Т.Д. Количественная гидроэкология: методы системной идентификации. – Тольятти: ИЭВБ РАН, 2003. – 463 с. Режим доступа: URL: http://www.ievbras.ru/ecostat/Kiril/Library/Book1/Content0/Content0.htm#Ref
3	Математические модели в экологии: текст-графический электронный учебно-методический комплекс [Электронный ресурс]/ Е. С. Чернова; КемГУ. – Электрон. дан. – Кемерово: КемГУ, 2011. Режим доступа: http://www.math.kemsu.ru/kmk/subsites/E.S.Chernova_MATHEMATICAL_MODELS_IN_ECOLOGY/umk/index_main.htm
4	Сайт для самоподготовки студентов. Дисциплина «Математические методы в экологии». Режим доступа: http://math-eco.cs.karelia.ru/index.html

6. Методические рекомендации по дисциплине (модулю).

Методические рекомендации для преподавателей

В курсе «Математические модели в экологии» рассматриваются модели, описывающие взаимоотношения природы и общества, характеризующие влияние хозяйственной деятельности человека на окружающую среду – так называемые экономико-экологические модели. Актуальность предмета вытекает из остроты стоящих перед обществом экологических проблем и насущной необходимости их комплексного решения. Применение математических методов позволяет на основе точного математического аппарата оценить состояние окружающей среды и характер влияния на нее человеческой деятельности, с помощью моделей проанализировать поведение системы «природа – общество» в различных обстоятельствах и выбрать наилучший вариант развития.

Изложение предмета опирается на такие разделы математики, как «Исследование операций», «Теория игр», «Методы оптимизации», «Теория оптимальных процессов», «Математическая экономика», «Системный анализ» и может, в свою очередь, стать основой для ряда спецкурсов, например, «Математические модели глобального развития».

Материал курса предусматривает анализ особенностей экономико-экологического моделирования, а также изучение различных типов математических моделей, учитывающих экологические факторы: имитационных, балансовых, оптимизационных и др. Попутно излагаются основы системного подхода, используемого при моделировании и анализе сложных систем, применительно к конкретным экологическим исследованиям. Теоретическая часть сопровождается примерами экономико-экологических моделей разного типа.

В учебном процессе используются аудиторные (лекционные и лабораторные) занятия и предусмотрена самостоятельная работа студентов (чтение специальной литературы, изучение примеров, решение задач).

На аудиторных занятиях даются основные понятия, математические модели, методы их решения и анализа полученных результатов, рассматриваются примеры. Более углубленное изучение предмета выносится на самостоятельную работу. В течение семестра проводится контрольная работа, по итогам изучения дисциплины студенты сдают зачет.

ФГБОУ ВО «АГУ»	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Адыгейский государственный университет»
	Рабочая программа дисциплины (модуля)
	СМК. ОП-2/РК-7.3.3
<p>Для успешной сдачи зачета студенты должны посещать лекции, активно работать на лабораторных занятиях, написать контрольную работу и ответить правильно на два теоретических вопроса из разных разделов курса. При неправильном или неполном ответе может быть задан дополнительный вопрос. В случае невыполнения контрольной работы на зачете могут быть предложены задачи, сравнимые по сложности с теми, которые предлагались в качестве контрольных заданий. Оценка «незачтено» ставится при отсутствии правильных ответов на теоретические вопросы и неспособности решить практическую задачу.</p> <p>Все задачи следует подробно разбирать со студентами у доски.</p> <p>В ходе данного курса студент должен освоить основные методы компьютерного моделирования простейших физических систем с использованием наиболее распространенных численных методов и алгоритмов. При изучении данного курса студенты должны уже в полной мере владеть языками программирования (главным образом, Pascal, Maple) и основами численных методов, уметь использовать графические и анимационные возможности современных компьютеров для решения разнообразных прикладных задач.</p> <p style="text-align: center;">Методические указания студентам</p> <p>При самостоятельной работе допускается использование любой литературы и Интернет-ресурсов: материалов сайтов рекомендованных преподавателем и результатов поиска в различных системах. Одобряется обращение к преподавателю за консультациями. Материал, записанный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из основных и дополнительных литературных источников, а также из сети Интернет.</p> <p style="text-align: center;">Методические рекомендации по организации учебной аудиторной и внеаудиторной самостоятельной работы студентов</p> <p>1. Советы по планированию и организации времени, необходимого для изучения дисциплины. Рекомендуется следующим образом организовать время, необходимое для изучения дисциплины:</p> <p style="padding-left: 40px;">Изучение конспекта лекции в тот же день после лекции – 10-15 минут.</p> <p style="padding-left: 40px;">Повторение лекции за день перед следующей лекцией – 10-15 минут.</p> <p style="padding-left: 40px;">Изучение теоретического материала по учебнику и конспекту – 1 час в неделю.</p> <p style="padding-left: 40px;">Подготовка к лабораторному занятию – 1 час.</p> <p>Тогда общие затраты времени на освоение курса студентами составят около 2,5 часов в неделю.</p> <p>2. Описание последовательности действий студента («сценарий изучения дисциплины»). При изучении математической экологии следует внимательно слушать и конспектировать материал, излагаемый на аудиторных занятиях. Для его понимания и качественного усвоения рекомендуется следующая последовательность действий:</p> <p style="padding-left: 40px;">После окончания учебных занятий для закрепления материала просмотреть и обдумать текст лекции, прослушанной сегодня, разобрать рассмотренные примеры (10-15 минут).</p> <p style="padding-left: 40px;">При подготовке к лекции следующего дня повторить текст предыдущей лекции, подумать о том, какая может быть следующая тема (10-15 минут).</p>	

ФГБОУ ВО «АГУ»	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Адыгейский государственный университет»
	Рабочая программа дисциплины (модуля)
	СМК. ОП-2/РК-7.3.3
<p>В течение недели выбрать время для работы с литературой по математическому моделированию в области экологии (1 час).</p> <p>3. Рекомендации по использованию материалов учебно-методического комплекса. Рекомендуется использовать методические указания и материалы по курсу математических моделей в экологии, текст лекций, а также электронные пособия, имеющиеся на факультетском сервере.</p> <p>4. Рекомендации по работе с литературой. Теоретический материал курса становится более понятным, когда дополнительно к прослушиванию лекций изучаются и книги по математической экологии. Литературу по курсу моделирования в экологии желательно изучать в библиотеке и через ЭБС. Полезно использовать несколько учебников, однако легче освоить курс, придерживаясь одного учебника и конспекта. Рекомендуется, кроме «заучивания» материала, добиться понимания изучаемой темы дисциплины. С этой целью после прочтения очередной главы желательно выполнить несколько простых упражнений на соответствующую тему. Кроме того, очень полезно мысленно задать себе и попробовать ответить на следующие вопросы: о чем эта глава, какие новые понятия в ней введены, каков их смысл, для чего служат и какими свойствами обладают используемые здесь математические модели и методы. При изучении теоретического материала всегда полезно рисовать схемы или графики.</p> <p>5. Советы по подготовке к зачету. Дополнительно к изучению конспектов лекций необходимо пользоваться учебниками по теории математической экологии. Вместо «заучивания» материала важно добиться понимания изучаемых тем дисциплины. При подготовке к зачету нужно освоить теорию: разобрать определения всех понятий и постановки математических моделей, изучить методы, рассмотреть примеры и самостоятельно решить несколько типовых задач из каждой темы. При решении задач всегда необходимо комментировать свои действия и не забывать о содержательной интерпретации.</p> <p>6. Указания по организации работы с контрольно-измерительными материалами. При выполнении контрольной работы необходимо сначала прочитать теорию и изучить примеры по каждой теме. Решая конкретную задачу, предварительно следует понять, что требуется от Вас в данном случае, какой теоретический материал нужно использовать, наметить общий план решения. Если Вы решали задачу «по образцу» рассмотренного на аудиторном занятии или в методическом пособии примера, то желательно после этого обдумать процесс решения и попробовать выполнить аналогичное задание самостоятельно.</p> <p>7. Обеспечение образовательного процесса для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов</p> <p>В ходе реализации дисциплины используются следующие дополнительные методы обучения, текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в зависимости от их индивидуальных особенностей:</p> <ul style="list-style-type: none"> • для слепых и слабовидящих: <ul style="list-style-type: none"> - лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением; - письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением, или могут быть заменены устным ответом; - обеспечивается индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс; - для выполнения задания при необходимости предоставляется увеличивающее устройство; возможно также использование собственных увеличивающих устройств; 	

<p><i>ФГБОУ ВО «АГУ»</i></p>	<p>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Адыгейский государственный университет»</p>
	<p>Рабочая программа дисциплины (модуля)</p>
	<p>СМК. ОП-2/РК-7.3.3</p>
<p>- письменные задания оформляются увеличенным шрифтом;</p> <p>- экзамен и зачёт проводятся в устной форме или выполняются в письменной форме на компьютере.</p> <ul style="list-style-type: none"> • для глухих и слабослышащих: <ul style="list-style-type: none"> - лекции оформляются в виде электронного документа, либо предоставляется звукоусиливающая аппаратура индивидуального пользования; - письменные задания выполняются на компьютере в письменной форме; - экзамен и зачёт проводятся в письменной форме на компьютере; возможно проведение в форме тестирования. • для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата: <ul style="list-style-type: none"> - лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением; - письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением; - экзамен и зачёт проводятся в устной форме или выполняются в письменной форме на компьютере. <p>При необходимости предусматривается увеличение времени для подготовки ответа.</p> <p>Процедура проведения промежуточной аттестации для обучающихся устанавливается с учётом их индивидуальных психофизических особенностей. Промежуточная аттестация может проводиться в несколько этапов.</p> <p>При проведении процедуры оценивания результатов обучения предусматривается использование технических средств, необходимых в связи с индивидуальными особенностями обучающихся. Эти средства могут быть предоставлены университетом, или могут использоваться собственные технические средства.</p> <p>Проведение процедуры оценивания результатов обучения допускается с использованием дистанционных образовательных технологий.</p> <p>Обеспечивается доступ к информационным и библиографическим ресурсам в сети Интернет для каждого обучающегося в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:</p> <ul style="list-style-type: none"> • для слепых и слабовидящих: <ul style="list-style-type: none"> - в печатной форме увеличенным шрифтом; - в форме электронного документа; - в форме аудиофайла. • для глухих и слабослышащих: <ul style="list-style-type: none"> - в печатной форме; - в форме электронного документа. • для обучающихся с нарушениями опорно-двигательного аппарата: <ul style="list-style-type: none"> - в печатной форме; - в форме электронного документа; - в форме аудиофайла. <p>Учебные аудитории для всех видов контактной и самостоятельной работы, научная библиотека и иные помещения для обучения оснащены специальным оборудованием и учебными местами с техническими средствами обучения.</p>	

ФГБОУ ВО «АГУ»	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Адыгейский государственный университет»
	Рабочая программа дисциплины (модуля)
	СМК. ОП-2/РК-7.3.3
<p>8. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля).</p> <p>Практические задания выполняются в лаборатории компьютерного моделирования (ауд. 328) с доступом к локальной сети университета и выходом в Интернет. Лекции сопровождаются презентациями, представляемыми через медиапроектор и интерактивную доску.</p> <p>Программное обеспечение ПК ауд. 328 и ноутбука для презентаций:</p> <p><i>Лицензионное программное обеспечение</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – операционная система Microsoft Windows Professional 7 Russian Upgrade Academic OPEN. Microsoft Open License No 48824880; – офисный пакет программ Microsoft Office 2007 Russian Academic OPEN. Microsoft Open License No 45084044; <p><i>свободно-распространяемое программное обеспечение:</i></p> <p>Maxima – система символьных вычислений и математики;</p> <p>Scilab – пакет прикладных математических программ.</p>	

ФГБОУ ВО «АГУ»	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Адыгейский государственный университет»		
	Рабочая программа дисциплины (модуля)		
	СМК. ОП-2/РК-7.3.3		

9. Лист регистрации изменений

Номер изменения	Номера листов			Основание для внесения изменения	Подпись	Расшифровка подписи	Дата	Дата введения изменения
	замененных	новых	аннулированных					
1	20, 26			Приведены в соответствие ФГОС		Тлячев В.Б. Тлячев В.Б.	16.03.21	16.03.21