



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Дальневосточный федеральный университет»  
(ДФУ)

ИНСТИТУТ МИРОВОГО ОКЕАНА

«СОГЛАСОВАНО»

Руководитель ОП

(подпись)

Богатыренко Е.А.  
(Ф.И.О.)

« 13 » 2021 г.

«УТВЕРЖДАЮ»

Заведующий кафедрой

(подпись)

Зюмченко Н.Е.  
(Ф.И.О.)



2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
Синергетика  
Направление подготовки 06.04.01 Биология  
Морская микробиология  
Форма подготовки: очная

Курс 1 семестр 2

Лекции – 18 час.

Практические занятия – 18 час.

Семинарские занятия – не предусмотрен

В том числе с использованием МАО – пр.18 час.

Всего часов аудиторной нагрузки – 36 час.

В том числе с использованием МАО 18 час.

Самостоятельная работа – 72 час.

Реферативные работы предусмотрены

Курсовые работы не предусмотрены

Зачет 2 семестр

образовательного стандарта по направлению подготовки 06.04.01 Биология, утвержденного приказом Минобрнауки России от 11.08.2020 г. №934

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры клеточной биологии и генетики ИМО, протокол № 1 от 13 сентября 2021 г

Заведующий кафедрой: к.б.н. Зюмченко Н.Е.

Составитель: к.б.н. Каретин Ю.А.

Владивосток  
2021

Оборотная сторона титульного листа РПД

1. Рабочая программа пересмотрена на заседании Департамента/кафедры/отделения (реализующего дисциплину) и утверждена на заседании Департамента/кафедры/отделения (выпускающего структурного подразделения), протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 г. № \_\_\_\_\_
2. Рабочая программа пересмотрена на заседании Департамента/кафедры/отделения (реализующего дисциплину) и утверждена на заседании Департамента/кафедры/отделения (выпускающего структурного подразделения), протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 г. № \_\_\_\_\_
3. Рабочая программа пересмотрена на заседании Департамента/кафедры/отделения (реализующего дисциплину) и утверждена на заседании Департамента/кафедры/отделения (выпускающего структурного подразделения), протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 г. № \_\_\_\_\_
4. Рабочая программа пересмотрена на заседании Департамента/кафедры/отделения (реализующего дисциплину) и утверждена на заседании Департамента/кафедры/отделения (выпускающего структурного подразделения), протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 г. № \_\_\_\_\_
5. Рабочая программа пересмотрена на заседании Департамента/кафедры/отделения (реализующего дисциплину) и утверждена на заседании Департамента/кафедры/отделения (выпускающего структурного подразделения), протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 г. № \_\_\_\_\_

## **Аннотация рабочей программы учебной дисциплины «Синергетика»**

Рабочая программа учебной дисциплины Б1.О.02 «Синергетика» составлена для обучающихся по образовательной программе магистратуры 06.04.01 Биология «Морская микробиология» в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта по направлению подготовки 06.04.01 Биология, утвержденного приказом Минобрнауки России от 11.08.2020 г. №934.

Дисциплина Б1.О.02 «Синергетика» составлена для обучающихся по образовательной программе магистратуры 06.04.01 Биология, включена в состав обязательной части дисциплин образовательной программы магистратуры «Морская микробиология».

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3 зачётные единицы (108 часов). Учебным планом предусмотрены лекции (18 часов), практические занятия (18 часов) и самостоятельная работа (72 часа). Оценка результатов обучения: зачёт.

Дисциплина «Синергетика» является базовой биологической дисциплиной. Требования к «входным» знаниям, умениям и готовностям обучающегося, необходимым при освоении данной дисциплины, включают в себя понимание всех уровней организации и функционирования живых систем, от молекулярного до популяционного, даваемое рядом ранее читаемых дисциплин: от биохимии до экологии включительно. Для освоения дисциплины важны также базовые знания физики, химии, математики, компьютерных наук.

В отличие от большинства других дисциплин, «Синергетика» делает акцент на синтетической, а не аналитической методологии исследования, описывает живые системы как сложные, эмерджентные, системы, динамику развития которых можно понять, рассматривая их как целое, не сводимое к сумме составляющих их компонентов. Кроме того, в данном курсе рассматривается целый спектр открытых, нелинейных, динамических самоорганизующихся систем, от физических до социальных, на примере которых прослеживаются общие принципы самоорганизации, доказываемая, что без синтетического рассмотрения таких систем, как целого, невозможно адекватно описать и спрогнозировать их поведение. Такой подход согласуется с пониманием синергетики как междисциплинарного направления исследований, и позволяет рассмотреть факты, излагаемые в ряде изученных ранее студентами дисциплин с точки зрения синергетической парадигмы, без которой невозможно описание и

моделирование процессов в сложных многокомпонентных динамических системах, таких как экологические системы, развивающиеся живые организмы или циклические автокаталитические химические реакции.

Дисциплина носит мировоззренческий, описательный характер, и не перегружена математическим аппаратом, что отличает её от подобных курсов, читаемых на физико-математических специальностях.

Цель дисциплины: ознакомить студента с основными концепциями синергетического мировоззрения, с общими законами самоорганизации как неживых, так и живых систем, а также основами методологии исследования хаоса и самоорганизации в динамических системах.

Задачи дисциплины:

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

знать:

- предмет, задачи и методы синергетики, ее фундаментальные разделы, необходимые для общего понимания синергетической парадигмы;
- понятия самоорганизации и детерминированного хаоса, в том числе в приложении к живым системам всех уровней организации;
- методологию исследования самоорганизующихся систем, включая понятия странных аттракторов в фазовом пространстве, катастрофы и последовательность Фейгенбаума;
- принципы моделирования динамики биосистем;
- основные понятия фрактальной геометрии;
- связь фрактальной геометрии с процессами самоорганизации;
- использование фрактальной геометрии в описании строения и динамики живых систем.

уметь:

- применять знания по синергетике для более глубокого, комплексного рассмотрения общебиологических и специальных вопросов и задач, касающихся многокомпонентных развивающихся систем;
- видеть за частными закономерностями отдельных дисциплин общие концептуальные явления развития открытых, динамических, эволюционирующих систем.

владеть:

- методологией исследования открытых систем, описания их языком фрактальной геометрии.

Общепрофессиональные компетенции выпускников и индикаторы их достижения:

Наименование категории (группы) общепрофессиональных компетенций	Код и наименование общепрофессиональной компетенции (результат освоения)	Код и наименование индикатора достижения компетенции
	ОПК-1 Способен использовать и применять фундаментальные биологические представления и современные методологические подходы для постановки и решения новых нестандартных задач в сфере профессиональной деятельности	ОПК -1.1 Знает фундаментальные биологические законы и имеет представление о методологических подходах в сфере своей профессиональной деятельности ОПК -1.2 Осуществляет поиск новых методических подходов в биологии и умеет использовать современную исследовательскую аппаратуру для решения задач в сфере своей профессиональной деятельности ОПК -1.3 Формирует новые нестандартные задачи в сфере профессиональной деятельности
	ОПК -2 Способен творчески использовать в профессиональной деятельности знания фундаментальных и прикладных разделов дисциплин (модулей), определяющих направленность программы магистратуры	ОПК -2.1 Использует в профессиональной деятельности знания фундаментальных разделов дисциплин (модулей), определяющих направленность магистратуры ОПК -2.2 Владеет практическими навыками прикладных разделов дисциплин (модулей), определяющих направленность магистерской программы

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Этапы формирования компетенции
ОПК -1.1 Знает фундаментальные биологические законы и имеет представление о методологических подходах в сфере своей профессиональной деятельности.	Знать: основные термины и законы базовых биологических дисциплин, освоенных в программе бакалавриата по направлению подготовки 06.03.01. Биология Уметь: демонстрировать профильные знания при освоении новых биологических дисциплин и спецкурсов Владеть: опытом практического использования биологических методик в научной деятельности
ОПК -1.2 Осуществляет поиск новых методических подходов в биологии и умеет использовать современную исследовательскую аппаратуру для решения задач в сфере своей профессиональной деятельности	Знать: общие принципы организации исследовательской деятельности с использованием специализированного оборудования Уметь: планировать эксперимент с использованием оптимального методического подхода; аргументировать использование выбранного подхода Владеть: пониманием задач, для решения которых можно использовать данное оборудование; опытом работы на современном оборудовании в ходе лабораторных работ

ОПК -1.3 Формирует новые нестандартные задачи в сфере профессиональной деятельности.	Знать: основные достижения науки в сфере своей профессиональной деятельности Уметь: выявлять актуальность и новизну исследования в профессиональной сфере Владеть: творческим подходом при формулировке задач научного исследования
ОПК-2.1 Использует в профессиональной деятельности знания фундаментальных разделов дисциплин (модулей), определяющих направленность магистратуры	Знать: теоретические разделы дисциплин (модулей), определяющих направленность программы магистратуры Уметь: пользоваться в профессиональной деятельности знаниями теоретических разделов фундаментальных дисциплин (модулей), определяющих направленность программы магистратуры Владеть: целостным видением развития теории в области фундаментальных разделов дисциплин (соответственно выбранной специализации магистранта)
ОПК-2.2 Владеет практическими навыками прикладных разделов дисциплин (модулей), определяющих направленность магистерской программы	Знать: практические разделы дисциплин (модулей), определяющих направленность программы магистратуры Уметь: пользоваться в профессиональной деятельности навыками, полученными в ходе освоения практических разделов фундаментальных дисциплин (модулей), определяющих направленность программы магистратуры Владеть: целостным видением развития прикладных аспектов в области фундаментальных разделов дисциплин (соответственно выбранной специализации магистранта)

Для формирования вышеуказанных компетенций в рамках дисциплины «Синергетика» применяются следующие методы активного / интерактивного обучения: лекционные занятия (коллективная дискуссия, лекция-беседа) и практические занятия (семинар-дискуссия).

### 1. Трудоёмкость дисциплины и видов учебных занятий по дисциплине

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 3 зачётные единицы (108 академических часов), (1 зачетная единица соответствует 36 академическим часам).

Видами учебных занятий и работы обучающегося по дисциплине являются:

Обозначение	Виды учебных занятий и работы обучающегося
Лек	Лекции
Пр	Практические занятия
СР	Самостоятельная работа обучающегося в период теоретического обучения

## Структура дисциплины:

Форма обучения – очная.

№	Наименование раздела дисциплины	Се мес тр	Количество часов по видам учебных занятий и работы обучающегося					Кон трол ь	Формы промежуточной аттестации
			Лек	Лаб	Пр	ОК	СР		
1	Занятие 1. Смена научных парадигм	2	4		2		9		УО-1; УО-4, Пр-1
2	Занятие 2. Детерминированный хаос. Бифуркации и катастрофы	2	2		2		9		УО-1; ПР-6, Пр-12
3	Занятие 3. Самоорганизация	2	4		2		9		УО-1; ПР-6, Пр-12
4	Занятие 4. Странные аттракторы	2	2		2		9		УО-1; УО-4, Пр-1
5	Занятие 5. Моделирование в биологии	2	2		2		9		УО-1; ПР-6, Пр-12
6	Занятие 6. Фрактальная геометрия	2	2		2		9		УО-1; УО-4, Пр-1
7	Занятие 7. Фрактальность живых систем	2	2		2		9		УО-1; ПР-6, Пр-12
8	Занятие 8. Заключительный семинар	2			4		9		УО-1; ПР-6, Пр-12
Итого:		2	18	0	18		72		Зачет

### I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

#### Лекции (18 ч)

#### Тема 1. Введение (1 ч)

Смена научной парадигмы за последние два-три десятилетия.

Область исследований нелинейной науки и теории самоорганизации (синергетики).

Краткая история становления и истоки современной нелинейной науки:

- от классической к нелинейной термодинамике;
- от топологической теории особенностей к теории катастроф;
- от детерминизма Лапласа и Эйнштейна к теории динамического (детерминированного) хаоса.

### **Тема 2. Детерминированный хаос (3 ч)**

Энтропия как мера хаоса. Современное понимание хаоса.

Порядок и хаос; детерминизм и непредсказуемость.

Э. Лоренц (1963): принципиальная невозможность долгосрочного прогноза.

Странные (хаотические) аттракторы; траектории в фазовом пространстве.

Динамический хаос и границы предсказуемости.

Теория хаоса как современная стохастическая теория.

Странные аттракторы в физических, климатических, астрономических и биологических системах.

Переход от упорядоченного режима к хаотическому.

Синхронизация в биологических системах: переход от хаоса к упорядоченности.

Переходный хаос.

Хаос в физиологии и морфологии организма: нейронные ансамбли, ЭКГ.

Адаптивность частично хаотичного режима.

### **Тема 3. Теория катастроф (3 ч)**

Теория топологических особенностей Уитни.

Теория катастроф Рене Тома.

Популяризация теории катастроф: И. Стьюарт, В.И. Арнольд.

Катастрофа как бифуркация.

Область предсказуемости и непредсказуемости на диаграммах бифуркаций.

Различные сценарии и режимы бифуркаций.

Каскад бифуркаций. Последовательность Фейгенбаума.

Концепция самоорганизованной критичности.

Сценарий удвоения периода процесса Ферхюльста: переход от упорядоченного режима к хаотическому.

Рост популяций.

Приложимость теории катастроф к другим областям биологии.



#### **Тема 4. Фрактальная геометрия (3 ч)**

Предшественники современной фрактальной геометрии: Вейерштрасс, Хаусдорф, Кантор, Жюлиа.

Кох, Серпинский; первые графические образы фракталов, L-системы.

Фрактальная геометрия Б. Мандельброта; множество Мандельброта, его алгоритм; другие компьютерные нелинейные фракталы.

Основные свойства фракталов: масштабная инвариантность, дробная размерность.

Линейные и нелинейные фракталы.

Детерминистические и хаотические фракталы.

Фрактальные деревья (L-системы).

Виртуальные ландшафты.

Физические фрактальные кластеры.

Модель агрегации, ограниченной диффузией; ее приложимость к биологическим объектам.

#### **Тема 5. Квазифрактальность биосистем (3 ч)**

Примеры фрактальных структур в биологии; имитационные фрактальные модели.

Соотношение упорядоченности и хаоса в структурной организации биологических объектов, выявляемое с помощью фрактальных моделей.

Квазифрактальность морфологии биосистем:

- на субклеточном и клеточном уровнях;

- на организменном уровне, квазифрактальность окраски, строения органов и систем организма;

- на популяционном уровне.

Квазифрактальность в динамике физиологии организмов.

Преимущества квазифрактальной организации.

#### **Тема 6. Теория самоорганизации (3 ч)**

Математическое доказательство спонтанного нарушения симметрии и возникновения неоднородности в исходно однородной системе (Тьюринг).

Нелинейная термодинамика и диссипативные структуры: И. Пригожин.

Синергетика (Хакен) как междисциплинарная наука о самоорганизации.

Классические примеры диссипативных структур: ячейки Бенара, реакция Белоусова-Жаботинского, лазер, агрегация амёб миксомицета и др.

Понятие эмерджентности.

Брюсселятор Пригожина.

#### **Тема 7. Моделирование в биологии (2 ч)**

Континуальные и дискретные модели самоорганизации, имитация реальных процессов и структур неживой и живой природы.

Модель агрегации ограниченной диффузией.

Модель клеточных автоматов.

Реакционно-диффузные модели самоорганизации: модели Майнхардта и Уолперта.

Моделирование и самообучение нейронных сетей.

Моделирование процессов эволюции.

## **II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА**

### **Практические (семинарские) занятия (18 ч)**

#### **Занятие 1. Смена научных парадигм (2 ч)**

1. Содержание, область приложения и методология науки классического периода.

2. Содержание, область приложения и методология науки нового времени.

3. Философия Лапласа и философия Пуанкаре.

4. Эволюционный принцип в науке. Шкала времени.

5. Понятие, история и методология синергетики

#### **Занятие 2. Детерминированный хаос. Бифуркации и катастрофы (2 ч)**

1. Понятия хаоса, порядка, детерминированного хаоса.

2. Бифуркация, точка бифуркации, 3 типа равновесия.

3. Последовательность Фейгенбаума.

4. Детерминированный хаос в функционировании живых систем.

#### **Занятие 3. Самоорганизация (2 ч)**

1. Понятие самоорганизации.

2. Фазовые переходы в статичных системах.

3. Динамические системы. Ячейки Бенара, лазер, гиперциклы Эйгена.

4. Реакция Белоусова – Жаботинского.

5. Самоорганизация в развитии организма, в работе органов и систем.

6. Процессы самоорганизации в биопопуляциях и в социуме.

#### **Занятие 4. Странные аттракторы (2 ч)**

1. Методология исследования хаотических процессов.

2. Аттрактор, странный аттрактор, фазовое пространство, фазовые траектории.

3. Топология и исследования странного аттрактора.

4. Н. Лоренц и его модель климата. Аттрактор Лоренца.  
5. Странный аттрактор в описании физиологических процессов. Хаос в норме и патологии.

6. Аттрактор Эннона, сечение Пуанкаре.

### **Занятие 5. Моделирование в биологии (2 ч)**

1. Дискретные модели: DLA модель, клеточные автоматы.
2. Континуальные модели: реакционно-диффузные модели, модель «Французского флага» Уолперта, модели Майнхарда.
3. Моделирование самоорганизации в морфогенезе организма.
4. Моделирование эволюции.
5. Искусственная нейронная сеть, самообучение.
3. Генетический алгоритм.

### **Занятие 6. Фрактальная геометрия (3 ч)**

1. Бенуа Мандельброт и «Фрактальная геометрия природы».
2. Основные понятия. Определение и свойства фрактала.
3. Линейные, нелинейные и хаотические фракталы. Фрактальные кластеры.
4. Квазифрактальность в неживой природе.
5. Фрактальные размерности.
6. Фрактальность и процессы самоорганизации.

### **Занятие 7. Фрактальность живых систем (3 ч)**

1. Квазифрактальность субклеточной, клеточной, организменной организации живых систем.
2. Клетка как фрактальный кластер. Клетка как перколяционный кластер.
3. Исследование квазифрактальности морфологии на примере гастроваскулярной системы медуз.
4. Фрактальность сидячих и подвижных организмов.
5. Фрактальность и развитие организма.
6. Основные направления и преимущества использования живыми организмами квазифрактальных структур.
7. Исследование квазифрактальности в динамике живых систем.

### **Занятие 8. Заключительный семинар (2 ч)**

На последнем семинаре мы обсудим проникновение синергетического подхода во все сферы технологий, фундаментальной науки, современного искусства, трансформацию научного мировоззрения в целом. В частности, коснемся таких вопросов, как моделирование эволюционных процессов, нечёткая логика, генетические алгоритмы обучения, самоорганизация компьютерных сетей, самосборка в нанотехнологиях и пр. К семинару

необходимо владеть всеми основными синергетическими понятиями, даваемыми в данном курсе, разбираться в методологии этой науки, понимать принципы самоорганизации сложных систем.

### **III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Синергетика» представлено в Приложении 1 и включает в себя:

- план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;
- характеристика заданий для самостоятельной работы студентов и методические рекомендации по их выполнению;
- требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;
- критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

Самостоятельная работа студента включает:

- 1) библиотечную или домашнюю работу с учебной литературой и конспектом лекций;
- 2) подготовку к тестированиям и контрольному (итоговому) собеседованию;
- 3) изучение основных информационных сайтов в Интернете, связанных с вопросами биологии человека и его здоровья.

Порядок выполнения самостоятельной работы учащиеся определяют сами, руководствуясь календарно-тематическим планом дисциплины, в котором установлена последовательность проведения лекций, практических занятий и тестирований по темам курса.

#### **Календарно-тематический план дисциплины «Синергетика»**

Неделя	Даты	Лекции	Практические занятия
1		<p>Тема 1. Введение (1 ч)</p> <p>Смена научной парадигмы за последние два-три десятилетия.</p> <p>Область исследований нелинейной науки и теории самоорганизации (синергетики).</p> <p>Краткая история становления и истоки современной нелинейной науки:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- от классической к нелинейной термодинамике;</li> <li>- от топологической теории особенностей к теории катастроф;</li> </ul>	-

		- от детерминизма Лапласа и Эйнштейна к теории динамического (детерминированного) хаоса.	
2		<p>Тема 2. Детерминированный хаос (3 ч)  Энтропия как мера хаоса. Современное понимание хаоса.  Порядок и хаос; детерминизм и непредсказуемость.  Э. Лоренц (1963): принципиальная невозможность долгосрочного прогноза.  Странные (хаотические) аттракторы; траектории в фазовом пространстве.  Динамический хаос и границы предсказуемости.  Теория хаоса как современная стохастическая теория.  Странные аттракторы в физических, климатических, астрономических и биологических системах.  Переход от упорядоченного режима к хаотическому.  Синхронизация в биологических системах: переход от хаоса к упорядоченности.  Переходный хаос.  Хаос в физиологии и морфологии организма: нейронные ансамбли, ЭКГ.  Адаптивность частично хаотичного режима.</p>	<p>Занятие 1. Смена научных парадигм (2 ч)  1. Содержание, область приложения и методология науки классического периода.  2. Содержание, область приложения и методология науки нового времени.  3. Философия Лапласа и философия Пуанкаре.  4. Эволюционный принцип в науке. Шкала времени.  5. Понятие, история и методология синергетики.</p>
3		<p>Тема 3. Теория катастроф (3 ч)  Теория топологических особенностей Уитни.  Теория катастроф Рене Тома.  Популяризация теории катастроф: И. Стьюарт, В.И. Арнольд.  Катастрофа как бифуркация.  Область предсказуемости и непредсказуемости на диаграммах бифуркаций.  Различные сценарии и режимы бифуркаций.  Каскад бифуркаций.  Последовательность Фейгенбаума.  Концепция самоорганизованной критичности.  Сценарий удвоения периода процесса Ферхюльста: переход от упорядоченного режима к хаотическому.  Рост популяций.  Приложимость теории катастроф к другим областям биологии.</p>	<p>Занятие 2. Детерминированный хаос. Бифуркации и катастрофы (2 ч)  1. Понятия хаоса, порядка, детерминированного хаоса.  2. Бифуркация, точка бифуркации, 3 типа равновесия.  3. Последовательность Фейгенбаума.  4. Детерминированный хаос в функционировании живых систем.</p>

4	<p>Тема 4. Фрактальная геометрия (3 ч)  Предшественники современной фрактальной геометрии: Вейерштрасс, Хаусдорф, Кантор, Жюлиа.  Кох, Серпинский; первые графические образы фракталов, L-системы.  Фрактальная геометрия Б. Мандельброта; множество Мандельброта, его алгоритм; другие компьютерные нелинейные фракталы.  Основные свойства фракталов: масштабная инвариантность, дробная размерность.  Линейные и нелинейные фракталы.  Детерминистические и хаотические фракталы.  Фрактальные деревья (L-системы).  Виртуальные ландшафты.  Физические фрактальные кластеры.  Модель агрегации, ограниченной диффузией; ее приложимость к биологическим объектам.</p>	<p>Занятие 3. Самоорганизация (2 ч)  1. Понятие самоорганизации.  2. Фазовые переходы в статичных системах.  3. Динамические системы. Ячейки Бенара, лазер, гиперциклы Эйгена.  4. Реакция Белоусова – Жаботинского.  5. Самоорганизация в развитии организма, в работе органов и систем.  6. Процессы самоорганизации в биопопуляциях и в социуме.  Тестирование по Теме 1.</p>
5	<p>Тема 5. Квазифрактальность биосистем (3 ч)  Примеры фрактальных структур в биологии; имитационные фрактальные модели.  Соотношение упорядоченности и хаоса в структурной организации биологических объектов, выявляемое с помощью фрактальных моделей.  Квазифрактальность морфологии биосистем:  - на субклеточном и клеточном уровнях;  - на организменном уровне, квазифрактальность окраски, строения органов и систем организма;  - на популяционном уровне.  Квазифрактальность в динамике физиологии организмов.  Преимущества квазифрактальной организации.</p>	<p>Занятие 4. Странные аттракторы (2 ч)  1. Методология исследования хаотических процессов.  2. Аттрактор, странный аттрактор, фазовое пространство, фазовые траектории.  3. Топология и исследования странного аттрактора.  4. Н. Лоренц и его модель климата. Аттрактор Лоренца.  5. Странный аттрактор в описании физиологических процессов. Хаос в норме и патологии.  6. Аттрактор Эннона, сечение Пуанкаре.</p>
6	<p>Тема 6. Теория самоорганизации (3 ч)  Математическое доказательство спонтанного нарушения симметрии и возникновения неоднородности в исходно однородной системе (Тьюринг).  Нелинейная термодинамика и диссипативные структуры: И. Пригожин.  Синергетика (Хакен) как междисциплинарная наука о самоорганизации.  Классические примеры диссипативных структур: ячейки Бенара, реакция Белоусова-Жаботинского, лазер, агрегация амёб миксомицета и др.  Понятие эмерджентности.</p>	<p>Занятие 5. Моделирование в биологии (2 ч)  1. Дискретные модели: DLA модель, клеточные автоматы.  2. Континуальные модели: реакционно-диффузные модели, модель «Французского флага» Уолперта, модели Майнхарда.  3. Моделирование самоорганизации в морфогенезе организма.  4. Моделирование эволюции.  5. Искусственная нейронная сеть, самообучение.  3. Генетический алгоритм.</p>

		Брюсселятор Пригожина.	
7		<p>Тема 7. Моделирование в биологии (2 ч)</p> <p>Континуальные и дискретные модели самоорганизации, имитация реальных процессов и структур неживой и живой природы.</p> <p>Модель агрегации ограниченной диффузией.</p> <p>Модель клеточных автоматов.</p> <p>Реакционно-диффузные модели самоорганизации: модели Майнхардта и Уолперта.</p> <p>Моделирование и самообучение нейронных сетей.</p> <p>Моделирование процессов эволюции.</p>	<p>Занятие 6. Фрактальная геометрия (3 ч)</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Бенуа Мандельброт и «Фрактальная геометрия природы».</li> <li>2. Основные понятия. Определение и свойства фрактала.</li> <li>3. Линейные, нелинейные и хаотические фракталы. Фрактальные кластеры.</li> <li>4. Квазифрактальность в неживой природе.</li> <li>5. Фрактальные размерности.</li> <li>6. Фрактальность и процессы самоорганизации.</li> </ol>
8			<p>Занятие 7. Фрактальность живых систем (3 ч)</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Квазифрактальность субклеточной, клеточной, организменной организации живых систем.</li> <li>2. Клетка как фрактальный кластер. Клетка как перколяционный кластер.</li> <li>3. Исследование квазифрактальности морфологии на примере гастроваскулярной системы медуз.</li> <li>4. Фрактальность сидячих и подвижных организмов.</li> <li>5. Фрактальность и развитие организма.</li> <li>6. Основные направления и преимущества использования живыми организмами квазифрактальных структур.</li> <li>7. Исследование квазифрактальности в динамике живых систем.</li> </ol>

9			<p>Занятие 8. Заключительный семинар (2 ч)</p> <p>На последнем семинаре мы обсудим проникновение синергетического подхода во все сферы технологий, фундаментальной науки, современного искусства, трансформацию научного мировоззрения в целом. В частности, коснемся таких вопросов, как моделирование эволюционных процессов, нечёткая логика, генетические алгоритмы обучения, самоорганизация компьютерных сетей, самосборка в нанотехнологиях и пр. К семинару необходимо владеть всеми основными синергетическими понятиями, даваемыми в данном курсе, разбираться в методологии этой науки, понимать принципы самоорганизации сложных систем.</p>
10			<p>Заключительное собеседование. Тестирование (2 часа)</p>

### План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине «Синергетика»

№ п/п	Дата/сроки выполнения	Вид самостоятельной работы	Примерные нормы времени на выполнение	Форма контроля
1	1 неделя	Работа с литературой и конспектом лекций. Подготовка к практическим занятиям.	8 часов	Самоконтроль.
2	2 неделя	Работа с литературой и конспектом лекций. Подготовка к практическим занятиям.	8 часов	Работа на практическом занятии.
3	3 неделя	Работа с литературой и конспектом лекций. Подготовка к практическим занятиям.	8 часов	Работа на практическом занятии.
4	4 неделя	Работа с литературой и конспектом лекций. Подготовка к практическим занятиям.	8 часов	Работа на практическом занятии.
5	5 неделя	Работа с литературой и конспектом лекций. Подготовка к практическим занятиям.	8 часов	Работа на практическом занятии.



		занятиям.		
6	6 неделя	Работа с литературой и конспектом лекций. Подготовка к тестированию 1.	8 часов	Работа на практическом занятии.
7	7 неделя	Работа с литературой и конспектом лекций. Подготовка к практическим занятиям.	8 часов	Тестирование 1.
8	8 неделя	Работа с литературой и конспектом лекций. Подготовка к итоговому собеседованию.	8 часов	Работа на практическом занятии.
9	9 неделя	Работа с литературой и конспектом лекций.	8 часов	Итоговое собеседование.
ИТОГО			72 часа	

Текущий контроль результатов самостоятельной работы осуществляется в ходе проведения практических занятий и тестирований по темам. Промежуточная (семестровая) аттестация проводится в форме устного собеседования (зачета). На основании этих результатов студент получает текущие оценки, по которым выводится итоговая оценка.

#### Методические указания по подготовке к семинарам

Поскольку семинар является коллективной формой рассмотрения и закрепления учебного материала, к нему должны готовиться все студенты, хотя и не у всех будут доклады. На каждый семинар заранее объявляется тема и перечень вопросов для подготовки рефератов и соответствующих устных докладов (сообщений) – на 5-7 минут на каждый вопрос. К докладу надо проработать соответствующий материал из учебника, конспекта лекций, дополнительной литературы и интернет-источников. Необходимо заранее продумать схемы для иллюстрации на доске или приготовить их в форме компьютерной презентации. В докладе обязательно использовать термины и ключевые слова по данной теме. После доклада проводится краткое обсуждение с дополнениями, поправками в виде вопросов – ответов или дополнительных выступлений. Оценивается как качество доклада, так и активность участников дискуссии.

Семинарские занятия проводятся в форме дискуссии.

#### Методические указания по подготовке к тестированиям по темам

К тестированию студент должен подготовиться особенно тщательно, так как полученные оценки являются одним из ведущих источников итоговой оценки студента. Необходимо еще раз повторить лекционный материал, прочитать нужный раздел в учебнике, вспомнить дискуссии на лекциях и практических занятиях. Старайтесь больше использовать дополнительного материала, в том числе из Интернет-источников, для лучшего усвоения материала. Во многих темах необходимо будет обращаться к источникам (учебникам) по другим дисциплинам. Не пренебрегайте такими источниками, обязательно используйте их при подготовке. В таком случае, материал будет усваиваться легче.

#### Методические указания по работе с литературой

Определитесь со списком литературы, доступной вам. Основой может стать список литературы, рекомендованный в рабочей программе курса. Для удобства работы можно составить собственную картотеку отобранных источников (фамилия авторов, заглавие, характеристики издания) в виде рабочего файла в компьютере. Такая картотека имеет преимущество, т.к. она позволяет добавлять источники, заменять по необходимости одни на другие, убирать те, которые оказались не соответствующие тематике. Первоначальный список литературы можно дополнить, используя электронный каталог библиотеки ДВФУ, при этом не стесняйтесь обращаться за помощью к сотрудникам библиотеки.

Работая с литературой по той или другой теме, надо не только прочитать, но и усвоить метод ее изучения: сделать краткий конспект, алгоритм, схему прочитанного материала, что позволяет быстрее его понять, запомнить. Не рекомендуется дословно переписывать текст.

При изучении материалов по синергетике старайтесь пользоваться и электронными ресурсами, и многочисленными сайтами по новостям науки для усвоения современной информации по различным темам курса.

#### IV. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

Для контроля используются следующие оценочные средства:

УО-1 – устное собеседование, в основном на зачете;

УО-4 – дискуссия;

ПР-1 – письменный (или компьютерный) тест

№ п/п	Контролируемые модули /разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций	Оценочные средства - наименование	
			текущий контроль	промежуточная аттестация

1	Занятие 1. Смена научных парадигм	УК-1.1; УК-1.2; УК-1.3	Знание Умение Владение	УО-4 ПР-1	УО-1
		ОПК-2.1; ОПК-2.2	Знание Умение Владение	УО-4 ПР-1	УО-1
2	Занятие 2. Детерминированный хаос. Бифуркации и катастрофы	УК-1.1; УК-1.2; УК-1.3	Знание Умение Владение	УО-4 ПР-1	УО-1
		ОПК-2.1; ОПК-2.2	Знание Умение Владение	УО-4 ПР-1	УО-1
3	Занятие 3. Самоорганизация	УК-1.1; УК-1.2; УК-1.3	Знание Умение Владение	УО-4 ПР-1	УО-1
		ОПК-2.1; ОПК-2.2	Знание Умение Владение	УО-4 ПР-1	УО-1
4	Занятие 4. Странные аттракторы	УК-1.1; УК-1.2; УК-1.3	Знание Умение Владение	УО-4 ПР-1	УО-1
		ОПК-2.1; ОПК-2.2	Знание Умение Владение	УО-4 ПР-1	УО-1
5	Занятие 5. Моделирование в биологии	УК-1.1; УК-1.2; УК-1.3	Знание Умение Владение	УО-4 ПР-1	УО-1
		ОПК-2.1; ОПК-2.2	Знание Умение Владение	УО-4 ПР-1	УО-1
6	Занятие 6. Фрактальная геометрия	УК-1.1; УК-1.2; УК-1.3	Знание Умение Владение	УО-4 ПР-1	УО-1
		ОПК-2.1; ОПК-2.2	Знание Умение Владение	УО-4 ПР-1	УО-1
7	Занятие 7. Фрактальность живых систем	УК-1.1; УК-1.2; УК-1.3	Знание Умение Владение	УО-4 ПР-1	УО-1
		ОПК-2.1; ОПК-2.2	Знание Умение Владение	УО-4 ПР-1	УО-1
8	Занятие 8. Заключительный семинар	УК-1.1; УК-1.2; УК-1.3	Знание Умение Владение	УО-4 ПР-1	УО-1
		ОПК-2.1; ОПК-2.2	Знание Умение Владение	УО-4 ПР-1	УО-1

## V. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Основная литература

*(электронные и печатные издания)*

1. Букина, Е. Я. Синергетика / Букина Е. Я. - Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2014. - 212 с. - ISBN 978-5-7782-2548-0. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785778225480.html> - Режим доступа : по подписке.
2. Ризниченко Г. Ю. Лекции по математическим моделям в биологии / Г. Ю. Ризниченко. - Москва Ижевск : Регулярная и хаотическая динамика, 2011. – 558 с. <https://lib.dvfu.ru/lib/item?id=chamo:821122&theme=FEFU>
3. Синергетика и самоорганизация. Социальная психология / В. П. Милованов Москва : URSS, : [Либроком], [2013] 179 с. <https://lib.dvfu.ru/lib/item?id=chamo:779715&theme=FEFU>
4. Саргаев, П. М. Синергетика воды : учебное пособие для вузов / П. М. Саргаев. — 2-е изд., испр. и доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 416 с. — ISBN 978-5-8114-8428-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/176687> — Режим доступа: для авториз. пользователей.
5. Каретин Ю.А. Самоорганизация живых систем. Краткий курс синергетики для биологов.: Учебник/ Ю.А. Каретин. – Владивосток: Мор. гос. ун-т, 2017. 530с. (на кафедре – 10 экз).

### Дополнительная литература

1. Каретин Ю.А. Синергетика для биологов. Курс лекций. Владивосток: ДВГУ, 2009. <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:262992&theme=FEFU>
2. Исаева В. В. Синергетика для биологов. Вводный курс : учебное пособие / В. В. Исаева ; Дальневосточный государственный университет, Институт биологии моря ДВО РАН, НОЦ "Морская биота". - Владивосток : [Изд-во Дальневосточного университета], 2003. – 87 с. <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:5509&theme=FEFU>
3. Исаева В. В. Синергетика для биологов : вводный курс : учебное пособие / В. В. Исаева ; [отв. ред. В. Л. Касьянов] ; Российская академия наук, Дальневосточное отделение, Институт биологии моря ; Дальневосточный государственный университет. - Москва : Наука, 2005. – 159 с. <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:247458&theme=FEFU>

4. Князева Е.Н., Курдюмов С.П. Законы эволюции и самоорганизации сложных систем. М., Наука, 1994.
5. Николис Г., Пригожин И. Познание сложного. М., УРСС. 2003.
6. Николис Г. Познание сложного : введение / Г. Николис, И. Пригожин ; пер. с англ. В. Ф. Пастушенко. - Москва : Мир, 1990. – 342 с. <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:29328&theme=FEFU>
7. Мандельброт Б. Фрактальная геометрия природы. М. ИКИ. 2002.
8. Пригожин И. От существующего к возникающему. М., УРСС. 2002.
9. Пригожин И. От существующего к возникающему. Время и сложность в физических науках / И. Пригожин ; пер. с англ. Ю. А. Данилова. - Москва : Наука, 1985. – 327 с. <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:51733&theme=FEFU>
10. Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса. Новый диалог человека с природой : пер. с англ. / И. Пригожин, И. Стенгерс ; ред. В. И. Аршинов. - Москва : Прогресс, 1986. – 432 с. <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:53303&theme=FEFU>
11. Ризниченко, Г. Ю. Лекции по математическим моделям в биологии. Часть 1 [Электронный ресурс] / Г. Ю. Ризниченко. — Электрон. текстовые данные. — Москва-Ижевск : Регулярная и хаотическая динамика, Ижевский институт компьютерных исследований, 2002. — 232 с. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/17629.html>
12. Хакен Г., Хакен-Крелль М. Тайны восприятия. М. ИКИ. 2002.
13. Хакен Г. Общие принципы самоорганизации в природе и в обществе. Об истории синергетики / Г. Хакен, П. Плат, В. Эбелинг [и др.]. - Москва Ижевск : Институт компьютерных исследований, 2018. – 419 с. <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:870824&theme=FEFU>
14. Gleick J. Chaos: making a new science / James Gleick. - [New York] : Penguin Books, [1988]. - 352 p. <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:834265&theme=FEFU>
15. Mandelbrot B. The Fractal Geometry of Nature / Benoit B. Mandelbrot. - New York : W. H. Freeman and Company, 2000. - 468 p. <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:11351&theme=FEFU>
16. Peitgen, H.-O., Hartmut, J., Saupe, D. Chaos and fractals: new frontiers of science (2nd ed.). Springer. 2004. 864 pp. – Режим доступа: <https://yadi.sk/i/osGZ32Ipm2VgH>
17. Edgar Gerald. Measure, Topology, and Fractal Geometry. Springer-Verlag New York, LLC. 2008. ISBN: 0387747486. 268 p.
18. Губарев, В. В. Кибернетика, синергетика, информатика [Электронный ресурс] : учебное пособие / В. В. Губарев. — Электрон.

текстовые данные. — Новосибирск : Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2009. — 38 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/54762.html>

19. Глейк Дж. Хаос. Создание новой науки. - С-Пб. Амфора. 2001

### **Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»**

1. <http://www.highwire.org/lists/freeart.dtl> - Библиотека научных журналов Стэнфордского университета. Около 700 000 полнотекстовых статей.

2. <http://www.scientific-library.net/> - Огромная библиотека научной и технической литературы. Можно скачивать электронные версии книг.

### **Перечень информационных технологий и программного обеспечения**

1. При осуществлении образовательного процесса студенты используют программное обеспечение: MicrosoftOffice (Access, Excel, PowerPoint, Word и т. д), электронные ресурсы сайта ДВФУ, включая ЭБС ДВФУ.

2. Научная электронная библиотека eLIBRARY, электронно-библиотечная система издательства «Лань», электронная библиотека "Консультант студента", информационная система "ЕДИНОЕ ОКНО" доступа к образовательным ресурсам, доступ к электронному заказу книг в библиотеке ДВФУ.

## **VI. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

В процессе изучения дисциплины «Синергетика» предлагаются разнообразные методы и средства освоения учебного содержания: лекции, практические работы, тестирование, самостоятельная работа студентов.

### **Лекции**

**Лекция** – основная активная форма аудиторных занятий, разъяснения основополагающих теоретических разделов биологии, которая предполагает интенсивную умственную деятельность студента. Лекция носит познавательный, развивающий, воспитательный и организующий характер. Конспект лекций помогает усвоить теоретический материал дисциплины. При слушании лекции надо конспектировать ее рубрикацию, терминологию, ключевые слова, определения, формулы, графические схемы. Конспект является полезным, когда он пишется самим студентом. Можно разработать

собственную схему сокращения слов. Название тем, параграфов можно выделять цветными маркерами.

При домашней работе с конспектом лекций необходимо использовать основной учебник и дополнительную литературу, которые рекомендованы по данной дисциплине. Именно такая серьезная работа студента с лекционным материалом позволяет достичь ему успехов в овладении новыми знаниями.

При изложении лекционного курса по дисциплине «Synergetics (Синергетика)» в качестве форм интерактивного обучения используются: лекция-беседа и коллективная дискуссия, которые строятся на базе предшествующих знаний, полученных студентами при изучении смежных дисциплин.

**Лекция-беседа** – строится в форме диалога с аудиторией. При этом, в начале лекции или по ходу изложения материала преподаватель ставит перед аудиторией проблемные вопросы по изучаемой теме и стимулирует к ответу разные части аудитории. При этом у студентов могут возникать свои вопросы, что может вызывать творческую дискуссию. Подобная форма проведения занятия усиливает эффект усвоения материала студентами, поскольку они непосредственно вовлекаются в обсуждение некоторых вопросов темы. Кроме того, такая форма создает прямой контакт преподавателя с аудиторией.

**Коллективная дискуссия.** В рамках некоторых тем, которые являются наиболее актуальными вопросами синергетики на сегодняшний день, преподаватель стимулирует развитие дискуссии внутри студенческого коллектива, присутствующего на лекции, задавая животрепещущие и порой провокационные вопросы. В рамках такой дискуссии обычно хорошо проявляется общая эрудиция студентов, умение ориентироваться в материале, а также степень освоения ими материала прошлых тем.

### **Практические занятия**

Практические занятия – коллективная форма рассмотрения и закрепления учебного материала. Семинарские занятия являются одним из основных видов практических занятий, предназначенных для углубленного изучения дисциплины, проводятся в интерактивном режиме. На занятиях по теме семинара разбираются вопросы, и затем вместе с преподавателем проводится их обсуждение, которое направлено на закрепление материала, формирование навыков вести полемику, развитие самостоятельности и критичности мышления, на способность студентов ориентироваться в больших информационных потоках, вырабатывать и отстаивать собственную позицию по проблемным вопросам учебной дисциплины. В качестве методов

интерактивного обучения на семинарских занятиях используется семинар-дискуссия.

**Семинар-дискуссия** в группе имеет ряд достоинств. Он базируется на докладах, сообщениях по темам рефератов, подготовленных студентами заранее, в рамках каждого практического занятия. Дискуссия может быть вызвана преподавателем в ходе занятия или же заранее планируется им и образуется как процесс диалогического общения, в ходе которого происходит формирование практического опыта обсуждения теоретических и практических проблем. В ходе полемики студенты формируют у себя находчивость, быстроту мыслительной реакции. На таком семинаре студенты учатся точно выражать свои мысли и аргументировать свою точку зрения, а также выдержано опровергать оппонентов.

### **Контрольные тестирования**

**Тестирования.** Тестирование может проводиться как в форме традиционного письменного в обычной аудитории, так и электронного в компьютерном классе. Типы тестовых заданий различны: выбор одного или нескольких правильных вариантов ответов, установление соответствия, дополнение терминов и др.

## **VII. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

1. Лекционная аудитория с мультимедийным обеспечением и интерактивной доской.
2. Аудитория для проведения практических (семинарских) занятий, контрольных работ и тестирования.
3. Компьютерный класс для текущего тестирования студентов.
4. Учебные таблицы, слайды, компьютерные презентации.

Лекционная аудитория с мультимедийным обеспечением и интерактивной доской. Для выполнения самостоятельной работы студенты в жилых корпусах ДВФУ обеспечены Wi-Fi.

Наименование оборудованных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень основного оборудования
Аудитория для практических занятий Компьютерный класс Школы биомедицины ауд. M723, 15 рабочих мест,	Экран с электроприводом 236*147 см Trim Screen Line; Проектор DLP, 3000 ANSI Lm, WXGA 1280x800, 2000:1 EW330U Mitsubishi; Подсистема специализированных креплений оборудования CORSA-2007 Tuarex; Подсистема видеокмутации: матричный коммутатор DVI DXP 44



площадь 80,3 м <sup>2</sup>	DVI Pro Extron; удлинитель DVI по витой паре DVI 201 Tx/Rx Extron; Подсистема аудиокоммутации и звукоусиления; акустическая система для потолочного монтажа SI 3CT LP Extron; цифровой аудиопроцессор DMP 44 LC Extron; расширение для контроллера управления IPL T CR48; беспроводные ЛВС для обучающихся обеспечены системой на базе точек доступа 802.11a/b/g/n 2x2 MIMO(2SS).
Читальные залы Научной библиотеки ДВФУ с открытым доступом к фонду (корпус А - уровень 10)	Моноблок HP ProOne 400 All-in-One 19,5 (1600x900), Core i3-4150T, 4GB DDR3-1600 (1x4GB), 1TB HDD 7200 SATA, DVD+/-RW, GigEth, Wi-Fi, BT, usb kbd/mse, Win7Pro (64-bit)+Win8.1Pro(64-bit), 1-1-1 Wty Скорость доступа в Интернет 500 Мбит/сек. Рабочие места для людей с ограниченными возможностями здоровья оснащены дисплеями и принтерами Брайля; оборудованы: портативными устройствами для чтения плоскочечатных текстов, сканирующими и читающими машинами видеоувеличителем с возможностью регуляции цветовых спектров; увеличивающими электронными лупами и ультразвуковыми маркировщиками
Аудитория для самостоятельной работы студентов г. Владивосток, о. Русский п. Аякс д.10, Корпус 25.1, ауд. М621 Площадь 44.5 м <sup>2</sup>	Моноблок Lenovo C360G-i34164G500UDK 19.5" Intel Core i3-4160T 4GB DDR3-1600 SODIMM (1x4GB)500GB Windows Seven Enterprise - 17 штук; Проводная сеть ЛВС – Cisco 800 series; беспроводные ЛВС для обучающихся обеспечены системой на базе точек доступа 802.11a/b/g/n 2x2 MIMO(2SS).
Аудитория для лекционных занятий г. Владивосток, о. Русский, п. Аякс д.10, ауд. М422	Мультимедийная аудитория: Моноблок Lenovo C360G-i34164G500UDK; Экран проекционный Projecta Elpro Electro1, 300x173 см; Мультимедийный проектор, Mitsubishi FD630U, 4000 ANSI Lumen, 1920x1080; Врезной интерфейс с системой автоматического втягивания кабелей TLS TAM 201 Stan; Документ-камера Avervision CP355AF; Микрофонная петличная радиосистема УВЧ диапазона Sennheiser EW 122 G3 в составе беспроводного микрофона и приемника; Кодек видеоконференцсвязи LifeSizeExpress 220-Codeonly- Non-AES; Сетевая видеочамера Multipix MP-HD718; Две ЖК-панели 47", Full HD, LG M4716CCBA; Подсистема аудиокоммутации и звукоусиления; централизованное бесперебойное обеспечение электропитанием

В целях обеспечения специальных условий обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в ДВФУ все здания оборудованы пандусами, лифтами, подъемниками, специализированными местами, оснащенными туалетными комнатами, табличками информационно-навигационной поддержки.

## X. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

### Паспорт ФОС

Наименование категории (группы) общепрофессиональных компетенций	Код и наименование общепрофессиональной компетенции (результат освоения)	Код и наименование индикатора достижения компетенции
	ОПК-1 Способен использовать и применять фундаментальные биологические представления и современные методологические подходы для постановки и решения новых нестандартных задач в сфере профессиональной деятельности	ОПК -1.1 Знает фундаментальные биологические законы и имеет представление о методологических подходах в сфере своей профессиональной деятельности ОПК -1.2 Осуществляет поиск новых методических подходов в биологии и умеет использовать современную исследовательскую аппаратуру для решения задач в сфере своей профессиональной деятельности ОПК -1.3 Формирует новые нестандартные задачи в сфере профессиональной деятельности
	ОПК -2 Способен творчески использовать в профессиональной деятельности знания фундаментальных и прикладных разделов дисциплин (модулей), определяющих направленность программы магистратуры	ОПК -2.1 Использует в профессиональной деятельности знания фундаментальных разделов дисциплин (модулей), определяющих направленность магистратуры ОПК -2.2 Владеет практическими навыками прикладных разделов дисциплин (модулей), определяющих направленность магистерской программы ОПК -2.3 Умеет ставить цели и творчески подбирать методы для решения поставленных задач

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Этапы формирования компетенции
ОПК -1.1 Знает фундаментальные биологические законы и имеет представление о методологических подходах в сфере своей профессиональной деятельности.	Знать: основные термины и законы базовых биологических дисциплин, освоенных в программе бакалавриата по направлению подготовки 06.03.01. Биология Уметь: демонстрировать профильные знания при освоении новых биологических дисциплин и спецкурсов Владеть: опытом практического использования биологических методик в научной деятельности
ОПК -1.2 Осуществляет поиск новых методических подходов в биологии и умеет использовать современную исследовательскую	Знать: общие принципы организации исследовательской деятельности с использованием специализированного оборудования Уметь: планировать эксперимент с использованием

аппаратуру для решения задач в сфере своей профессиональной деятельности	оптимального методического подхода; аргументировать использование выбранного подхода Владеть: пониманием задач, для решения которых можно использовать данное оборудование; опытом работы на современном оборудовании в ходе лабораторных работ
ОПК -1.3 Формирует новые нестандартные задачи в сфере профессиональной деятельности.	Знать: основные достижения науки в сфере своей профессиональной деятельности Уметь: выявлять актуальность и новизну исследования в профессиональной сфере Владеть: творческим подходом при формулировке задач научного исследования
ОПК-2.1 Использует в профессиональной деятельности знания фундаментальных разделов дисциплин (модулей), определяющих направленность магистратуры	Знать: теоретические разделы дисциплин (модулей), определяющих направленность программы магистратуры Уметь: пользоваться в профессиональной деятельности знаниями теоретических разделов фундаментальных дисциплин (модулей), определяющих направленность программы магистратуры Владеть: целостным видением развития теории в области фундаментальных разделов дисциплин (соответственно выбранной специализации магистранта)
ОПК-2.2 Владеет практическими навыками прикладных разделов дисциплин (модулей), определяющих направленность магистерской программы	Знать: практические разделы дисциплин (модулей), определяющих направленность программы магистратуры Уметь: пользоваться в профессиональной деятельности навыками, полученными в ходе освоения практических разделов фундаментальных дисциплин (модулей), определяющих направленность программы магистратуры Владеть: целостным видением развития прикладных аспектов в области фундаментальных разделов дисциплин (соответственно выбранной специализации магистранта)
ОПК-2.3 Умеет ставить цели и творчески подбирать методы для решения поставленных задач	Знать: как соотносятся методы фундаментальных дисциплин (модулей), определяющих направленность программы магистратуры Уметь: пользоваться методами практических разделов фундаментальных дисциплин (модулей), определяющих направленность программы магистратуры Владеть: пониманием целесообразности использования методов, освоенных в практических разделах фундаментальных дисциплин (модулей), определяющих направленность программы магистратуры целям конкретного научного исследования

Общепрофессиональные компетенции выпускников и индикаторы их достижения:

Для формирования вышеуказанных компетенций в рамках дисциплины «Синергетика» применяются следующие методы активного /

интерактивного обучения: лекционные занятия (коллективная дискуссия, лекция-беседа) и практические занятия (семинар-дискуссия).

№ п/п	Контролируемые модули /разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства - наименование	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Занятие 1. Смена научных парадигм	ОК-5	Знание	УО-4	УО-1
		ОПК-6	Умение Владение	ПР-1	
		ОПК-3	Знание	УО-4	УО-1
		ОПК-3	Умение Владение	ПР-1	
2	Занятие 2. Детерминированный хаос. Бифуркации и катастрофы	ОК-5	Знание	УО-4	УО-1
		ОПК-6	Умение Владение	ПР-1	
		ОПК-3	Знание	УО-4	УО-1
		ОПК-3	Умение Владение	ПР-1	
3	Занятие 3. Самоорганизация	ОК-5	Знание	УО-4	УО-1
		ОПК-6	Умение Владение	ПР-1	
		ОПК-3	Знание	УО-4	УО-1
		ОПК-3	Умение Владение	ПР-1	
4	Занятие 4. Странные аттракторы	ОК-5	Знание	УО-4	УО-1
		ОПК-6	Умение Владение	ПР-1	
		ОПК-3	Знание	УО-4	УО-1
		ОПК-3	Умение Владение	ПР-1	
5	Занятие 5. Моделирование в биологии	ОК-5	Знание	УО-4	УО-1
		ОПК-6	Умение Владение	ПР-1	
		ОПК-3	Знание	УО-4	УО-1
		ОПК-3	Умение Владение	ПР-1	
6	Занятие 6. Фрактальная геометрия	ОК-5	Знание	УО-4	УО-1
		ОПК-6	Умение Владение	ПР-1	
		ОПК-3	Знание	УО-4	УО-1
		ОПК-3	Умение Владение	ПР-1	
7	Занятие 7. Фрактальность живых систем	ОК-5	Знание	УО-4	УО-1
		ОПК-6	Умение Владение	ПР-1	
		ОПК-3	Знание	УО-4	УО-1
		ОПК-3	Умение Владение	ПР-1	

8	Занятие 8. Заключительный семинар	ОК-5 ОПК-6	Знание Умение Владение	УО-4 ПР-1	УО-1
		ОПК-3 ОПК-3	Знание Умение Владение	УО-4 ПР-1	УО-1

### **Методические рекомендации, определяющие процедуры оценивания результатов освоения дисциплины**

По изучаемой дисциплине для текущего контроля и промежуточной (семестровой) аттестации используются следующие

#### **ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА :**

УО-1 – индивидуальное собеседование;

ПР-1 – письменный (или компьютерный) тест;

ПР-2 – контрольные работы.

**Устный опрос** - наиболее распространенный метод контроля знаний студентов. При устном опросе устанавливается непосредственный контакт между преподавателем и студентами, в процессе которого преподаватель получает широкие возможности для изучения индивидуальных возможностей усвоения студентами учебного материала. Он является наиболее распространенной и адекватной формой контроля знаний учащихся. Включает в себя собеседование на зачете.

#### **Критерии оценки устного ответа:**

«5 баллов» выставляется студенту, если он на обсуждаемые вопросы дает правильные ответы, которые отличается глубиной и полнотой раскрытия темы, умеет делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, которые логичны и последовательны.

«4 балла» выставляется студенту, если он на обсуждаемые вопросы дает правильные ответы, которые отличается глубиной и полнотой раскрытия темы, умеет делать выводы и обобщения, однако допускается одну-две ошибки в ответах.

«3 балла» выставляется студенту, если он на обсуждаемые вопросы дает ответы, которые недостаточно полно его раскрывают, отсутствует логическое построение ответа, допускает несколько ошибок.

«2 балла» выставляется студенту, если он на обсуждаемые вопросы дает ответы, которые показывают, что не владеет материалом темы, не может дать аргументированные ответы, допускаются серьезные ошибки в содержании ответа.

**Семинарское занятие** может служить формой не только проверки, но и повышения знаний студентов. На коллоквиумах могут обсуждаться все или отдельные темы, вопросы изучаемого курса.

Критерии оценки выступлений (докладов) на семинарско-практических занятиях те же, что и при устном ответе.

**Тест** является письменной или компьютерной формой контроля, направленной на проверку владения терминологическим аппаратом и конкретными (точными) знаниями в области фундаментальных и прикладных дисциплин.

**Критерии оценки теста:**

5 баллов выставляется студенту, если он ответил на 86-100 % от всех вопросов.

4 балла выставляется за правильный ответ на 76-85 % от всех вопросов.

3 балла выставляется за правильный ответ на 61-75 % от всех вопросов.

2 балла выставляется за правильный ответ на 50-61 % от всех вопросов.

1 балл выставляется за правильный ответ менее чем на 50 % от всех вопросов.

**Контрольная работа** является письменной или электронной формой контроля текущего усвоения материала по большому разделу (теме) дисциплины, оценивает усвоение терминов, основных понятий, методов, способности решать практические задачи.

**Критерии оценки контрольной работы:**

Контрольные работы оцениваются долей выполненной работы от объема всего задания.

5 баллов выставляется студенту, если он выполнил 86-100 % всего объема задания.

4 балла выставляется за выполнение 76-85 % всего объема задания.

3 балла выставляется за выполнение 61-75 % всего объема задания.

2 балла выставляется за выполнение 50-61 % всего объема задания.

1 балл выставляется за выполнение менее 50 % всего объема задания.

Тестирования и контрольные работы проводятся в часы, отведенные на практические занятия.

**Оценочные средства для промежуточной аттестации**

В качестве заключительного этапа промежуточной (семестровой) аттестации по дисциплине «Биоинформатика» предусмотрен **зачет**.

**Методические указания по сдаче зачета**

На экзамене в качестве оценочного средства применяется собеседование по вопросам билетов, составленных ведущим преподавателем

и подписанных заведующим кафедрой. Экзамены принимаются ведущим преподавателем или его ассистентом.

Во время проведения экзамена студенты могут пользоваться рабочей программой учебной дисциплины. В случае использования студентом средств для списывания, экзаменатор имеет право удалить студента с экзамена, а в экзаменационную ведомость поставить неудовлетворительную оценку.

При явке на экзамен студенты обязаны иметь при себе зачетную книжку. Преподаватель заполняет соответствующие графы зачетной книжки студента: название дисциплины в соответствии с учебным планом, ее трудоемкость, фамилия преподавателя, оценка, дата, подпись.

Для сдачи устного экзамена в аудиторию одновременно приглашается 5-6 студентов. Выходить из аудитории во время подготовки к ответам без разрешения экзаменатора студентам запрещается. Время, предоставляемое студенту на подготовку к ответу на устном экзамене – 30 минут.

При проведении экзамена экзаменационный билет выбирает сам студент. При сдаче устного экзамена экзаменатор может задавать дополнительные вопросы. Если студент затрудняется ответить на один вопрос выбранного билета, то ему можно предложить взять другой билет, при этом оценка снижается на балл.

При промежуточной аттестации установлены оценки: на экзаменах «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» и «неудовлетворительно», на зачётах – «зачтено» и «не зачтено».

При неявке студента на экзамен без уважительной причины в ведомости делается запись «не явился».

Оценки, выставленные экзаменатором по итогам экзаменов, не подлежат пересмотру. Студент, не согласный с выставленной оценкой, имеет право подать заявление на имя директора Школы. В случае обоснованности поданного заявления директор Школы создает комиссию в составе трех преподавателей по соответствующему департаменту. Оценка, полученная студентом во время пересдачи экзамена комиссии, является окончательной.

### **Критерии выставления оценки на зачете**

Оценка «зачет» ставится тогда, когда студент свободно владеет теоретическим материалом изучаемой дисциплины, не допускает ошибок при ответах на задаваемые вопросы, используя наглядные таблицы, или допускает некоторые неточности в ответах, но быстро исправляет ошибки при задавании ему наводящих вопросов. Кроме того, студент ориентируется в коллекции гистологических препаратов при их определении.

Оценка «не зачтено» ставится тогда, когда студент не владеет материалом изучаемой дисциплины, не отвечает на дополнительные вопросы преподавателя и не ориентируется в коллекции гистологических препаратов при их определении.

### **Вопросы к зачету**

#### **по дисциплине «Синергетика»**

1. Каков механизм построения фрактальной структуры? (Фрактал, это не форма, фрактал, это итерационный процесс, необходимо иметь это в виду).

2. Что такое фрактал? (Дать либо строгое математическое, либо альтернативное определение).

3. Кто ввёл термин «Фрактал»? (Имя учёного, его профессия, место работы.)

4. Что такое фрактальная размерность?

5. Каково было первое практическое приложение измерения фрактальной размерности и почему возникла его необходимость?

6. Алгоритм вычисления фрактальной размерности box-counting методом. Написать формулу и расшифровать её.

7. Алгоритм построения множества Кантора. Написать формулу подсчёта фрактальной размерности данного множества.

8. Алгоритм построения треугольника Серпинского. Написать формулу подсчёта фрактальной размерности данного множества.

9. Что такое квазифрактал?

10. Множества Жюлиа и Мандельброта. Алгоритм построения.

11. Объясните утверждение: «Фрактальная геометрия – геометрия природы». Кто автор этого утверждения?

12. Что такое энтропия?

13. Динамический (детерминированный) хаос. Дать определение.

14. В чём отличие динамического (детерминированного) хаоса от хаоса в традиционном понимании?

15. Что такое нелинейная система? (Дать определение. Свойства нелинейных систем.)

16. Что такое динамическая система? (Дать определение. Свойства динамических систем.)

17. Что такое открытая система? (Дать определение. Свойства открытых систем.)

18. Привести примеры детерминированного хаоса в реальном мире: в физике, в экономике, в химии, в биологии.



19. Фазовое пространство – определение. Что может служить координатными осями фазового пространства?
20. Самоподобие, определение.
21. Преимущества использования живыми организмами фрактальности в морфологии органов, систем, тканей, организма в целом.
22. Клетка как перколяционный кластер. Особенности функционирования, преимущества.
23. Внутриклеточная самоорганизация, привести минимум 2 примера.
24. Клетка как квазифрактал. Описать преимущества фрактальной организации живой материи на клеточном (субклеточном) уровне организации.
25. Методики вычисления фрактальной размерности, описать минимум 4 методики.
26. Лакунарность: разъяснение, определение, использование.
27. Box-counting фрактальная размерность. Описать методику подсчёта.
28. Ruler фрактальная размерность. Описать методику подсчёта.
29. Модель «мира маргариток». В каких состояниях может стабилизироваться эта система?
30. Написать уравнение динамики численности популяции Мальтуса, приводящее к каскаду бифуркаций при увеличении  $r$ .
31. Модельные объекты для изучения хаоса в морфогенезе многоклеточных, привести минимум 2 примера.
32. Хаос и фрактальность в эволюции живого.
33. Какие свойства фракталов оказываются полезными для внешних или внутренних структур живых организмов? 34. Докажите универсальность синергетических принципов. (Синергетика изначально сформировалась и развивается, как междисциплинарная область исследований, подумайте, почему это произошло).
35. В каких областях знаний используется синергетическая методология и почему она там необходима?
36. Что происходит с энтропией замкнутой, открытой и живой систем?
37. Опишите процесс самоорганизации волнового цуга в лазере.
38. Митчел Файгенбаум – значение его работ для синергетики.
39. Редукционизм в биологии. В чём его сущность и исторические перспективы?
40. 2 основные типа моделей в биологии и их отличия.
41. Примеры дискретных моделей в биологии. (Назвать и кратко описать 2 модели).

42. Циклический клеточный автомат. Описать правила генерации паттернов этой моделью и привести минимум 2 примера реальных систем, динамика которых воспроизводится этой моделью.

43. Модель «Французского флага» Л. Уолперта. Дать краткое описание и область использования.

44. Реакционно-диффузная модель. Опишите правила формирования паттернов в этой модели и приведите минимум 2 примера реальных систем, динамика которых может быть описаны с помощью этой модели.

## **Оценочные средства для текущей аттестации**

### **Вопросы для подготовки к практическим занятиям**

#### **по дисциплине «Синергетика»**

##### **Тема 1.**

1. В чём заключается, и какие предпосылки имеет смена научной парадигмы приведшая к появлению синергетики? (Какие цели ставили перед собой учёные разных эпох, какие практические приложения старой и новой науки. Анализ и синтез в науке. Рождения эволюционного принципа в науке.)

2. Мир Лапласа и мир Пуанкаре, в чём различие между ними?

3. Что такое параметр порядка? (Почему поведение элемента системы отлично внутри системы и вне её, почему система не равна лишь сумме составляющих её элементов)

4. Почему познание биологической жизни невозможно без синергетического подхода, а возможно лишь изучение отдельных её элементов?

5. Что включает в себя нелинейная наука?

6. Почему синергетика это столь междисциплинарное направление исследований?

7. Какая традиционная область физики изучала процессы, имеющие шкалу времени, необратимые, и как её постулаты расходились с эволюционными представлениями?

8. Что такое открытые системы и что такое нелинейное поведение?

9. Что такое хаос, порядок и энтропия?

##### **Тема 2.**

1. Что такое фазовый переход?

2. Приведите примеры фазовых переходов в статических системах.

3. Приведите примеры фазовых переходов в динамических системах.

4. Опишите возникновение ячейки Бенара в подогреваемой жидкости.

5. Как вы думаете, увеличилось или уменьшилось количество информации в системе после появления ячеек Бенара?
6. Какие можно выделить общие закономерности фазовых переходов?
7. Что такое самоорганизация?
8. Какова же связь между самоорганизацией и фазовым переходом?
9. Какие ещё примеры процессов самоорганизации вы можете привести?
10. Как согласовать процессы самоорганизации со вторым началом термодинамики?

### **Тема 3.**

1. Почему зима 1961 года считается временем рождения науки о хаосе?
2. Приведите примеры очень простых модельных систем с непредсказуемым поведением.
3. Что такое фазовое пространство?
4. Что такое аттрактор?
5. Как будет представлен в фазовом пространстве аттрактор затухающего и незатухающего маятника?
6. Что такое странный аттрактор?
7. Сколько измерений может иметь пространство странного аттрактора?
8. Опишите несколько важных свойств странного аттрактора.
9. Поведение каких систем описывает странный аттрактор?
10. Каскад бифуркаций Роберта Мэя: чем интересно его открытие?
11. Что же такое детерминированный хаос и чем он отличается от классического хаоса?
12. Модель «мир маргариток»: какие устойчивые состояния может принять эта система? Возможны ли переходы между ними?
13. Приведите примеры самоорганизации на субклеточном, надклеточном, организменном, популяционном уровнях.
14. Приведите примеры нехаотической и хаотической динамики организма в норме и патологии.
15. В чём принципиальное различие между живым организмом и искусственными системами, создаваемыми сегодня человеком?
16. Докажите присутствие процессов самоорганизации в развитии и в функционировании человеческого мозга.
17. Опишите развитие организма как процесс самоорганизации.
18. Опишите процесс эволюции как самоорганизующийся процесс.

25. Какие вы знаете современные технологии, использующие или пытающиеся использовать принцип самоорганизации?

#### **Тема 4.**

1. Научная деятельность Бенуа Мандельброта и её значение для развития фрактальной геометрии.

2. Что такое фрактал, каковы его свойства?

3. Приведите примеры алгоритмов построения линейных фракталов.

4. Что такое L – графика?

5. Что представляют собой нелинейные фракталы? Назовите парочку известных.

6. Есть ли принципиальная связь между аттрактором и нелинейным фракталом?

7. Что такое фрактальный кластер?

8. Есть ли связь между детерминированным хаосом и фрактальной структурой?

9. Что подразумевается под понятием «фрактальная размерность»?

10. Какие ещё нелинейные параметры, кроме фрактальных размерностей, вы знаете?

11. Приведите примеры квазифрактальных форм в неживой природе.

12. Почему Мандельброт назвал фрактальную геометрию «геометрией природы»?

13. Какие свойства фракталов используют живые системы?

14. Приведите примеры квазифрактальности в динамике функционирования живых систем.

**Тестирование по пройденным темам** проводится на бумажных бланках или в компьютерном классе. Пример теста приведен ниже.

#### **Пример теста для промежуточной аттестации**

##### **Тема тестирования: «Синергетика»**

1. Что такое фрактал? (Дать либо строгое математическое, либо альтернативное определение. В альтернативном определении должны упоминаться минимум 2 признака фрактальной структуры)

2. Кто ввел термин "фрактал"?

а. Мандельброт

б. Хакен

в. Серпинский

г. Пригожин

е. Пеано

3. Опишите 3 методики вычисления фрактальной размерности, назовите их.

4. К какому типу фракталов относится множество Мандельброта:

- а. Хаотичные фракталы
- б. Линейные фракталы
- в. Нелинейные фракталы

5. В каких системах возможна самоорганизация? (Возможен выбор нескольких ответов)

- а. открытые
- б. закрытые
- в. стационарные
- г. нелинейные
- д. динамичные
- е. статичные

6. Сколько измерений может иметь фазовое пространство (Возможен выбор нескольких ответов)

- а. 1
- б. 2
- в. 3
- г. 4.

7. Пожалуйста, приведите пару свойств странного аттрактора.

8. Ученый метеоролог, который создал первый странный аттрактор как модель динамики детерминированно-хаотичных систем:

- а. Фейгенбаум
- б. Мандельброт
- в. Хакен
- г. Лоренц
- д. Пригожин

9. Эмерджентность это:

- а. не соответствие свойств системы сумме свойств ее элементов
- б. соответствие свойств системы сумме свойств ее элементов
- в. изменение свойств системы одним ее элементом
- г. изменение свойств системы, когда она открыта

10. На каком уровне организации можно наблюдать самоорганизацию живых систем:

- а. субклеточный уровень
- б. клеточный уровень
- в. организменный уровень
- г. популяционный уровень

д. на всех уровнях организации

е. самоорганизация не встречается в живых системах