

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет**

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной
деятельности

 А.Б. Петроченков

« 22 » февраля 20 23 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: Динамика генных цепей
(наименование)

Форма обучения: очная
(очная/очно-заочная/заочная)

Уровень высшего образования: магистратура
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

Общая трудоёмкость: 108 (3)
(часы (ЗЕ))

Направление подготовки: 01.04.02 Прикладная математика и информатика
(код и наименование направления)

Направленность: Хемобиодинамика и биоинформатика
(наименование образовательной программы)

1. Общие положения

1.1. Цели и задачи дисциплины

Дисциплина «Динамика генных цепей» опирается на основные знания и представления биохимии, биофизики, системной и молекулярной биологии, использует методы прикладной математики и информатики в молекулярно-биологических исследованиях. Подготовка по дисциплине даёт возможность получить теоретическую базу и практические навыки использования компьютерных технологий для обработки экспериментальных данных по структуре генома и белках, которые синтезируются в процессах транскрипции и трансляции. Дисциплина реализует математические алгоритмы, связанные с биологическими объектами, применяет экспериментальные и расчетные данные физико-химической биологии и геномики. Предмет является междисциплинарным и изучается после и параллельно с указанными ниже курсами.

Цель учебной дисциплины – является формирование системы представлений о функционировании как отдельных генов, так и генных цепей; о единстве биохимических и генетических механизмов, а также о механизмах реализации функций всего организма через молекулярные механизмы, реализующиеся на геномном уровне. Программа курса предполагает знакомство с теоретическими и вычислительными методами исследований генетических цепей, умение конструировать математические модели таких цепей и проводить их анализ, а также уметь интерпретировать имеющиеся экспериментальные биологические данные. Содержание курса направлено также на формирование у студентов современного естественнонаучного мировоззрения, развитие научного мышления и расширение их научно-технического кругозора.

Задачи учебной дисциплины: основной задачей преподавания дисциплины является формирование у обучающихся системного математического подхода, который предполагает исследование организма и всех его элементов как систем, восприятие объекта исследования как целого и понимание механизмов, обеспечивающих целостность организма на молекулярном уровне.

1.2. Изучаемые объекты дисциплины

Предметом освоения дисциплины являются: основы химии и физики нуклеиновых кислот и белков; методы теоретического исследования и компьютерного моделирования, а также алгоритмы численного расчета динамики генных цепей.

1.3. Входные требования

Для освоения дисциплины «Динамика генных цепей» обучающийся использует знания, умения и навыки, сформированные при изучении следующих дисциплин учебной программы и завершает формирование соответствующих компетенций:

1. Непрерывные математические модели
2. Дискретные математические модели
3. Введение в синергетику
4. Основы геномики и биоинформатики

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
-------------	-------------------	---	--	-----------------

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-1.5	ИД-1ПК-1.5	Знание принципов реализации механизмов, обеспечивающих взаимодействие молекул и клеток с одной стороны и отдельных органов и организма как целого с другой стороны; основных механизмов генной регуляции; основных современных методов получения экспериментальных данных по динамике генных цепей; способов теоретического описания генных цепей; основных алгоритмов, используемых для анализа молекулярных данных процессов транскрипции и трансляции.	Знает классические результаты и последние достижения в механике жидкости, физико-химической гидродинамике, геномики и биоинформатике;	Экзамен
ПК-1.5	ИД-2ПК-1.5	Умение получать и грамотно использовать информацию из баз данных по структуре геномов и белков, а также другой биологической информации; читать и разрабатывать новые программы, используемые для решения задач в области компьютерного моделирования генных цепей.	Умеет обосновывать выбор и творчески применять современные методы моделирования объектов и процессов на стыке механики жидкости, химии, биологии и информатики;	Экзамен
ПК-1.5	ИД-3ПК-1.5	Владение основными методами и подходами системной биологии генных цепей для проведения компьютерного моделирования динамики генных цепей, а также сравнения результатов моделирования с данными, получаемыми экспериментально; практическими методами исследования генных цепей и алгоритмами	Владеет навыками разработки и анализа новых математических моделей сложных систем и процессов для междисциплинарных задач, сформулированных на стыке механики жидкости, химии, биологии и информатики.	Экзамен

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
		расчета динамики этих цепей.		

3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		3	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	36	36	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	16	16	
- лабораторные работы (ЛР)			
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	18	18	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	36	36	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен	36	36	
Дифференцированный зачет			
Зачет			
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	108	108	

4. Содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
3-й семестр				
Основы генной регуляции	2	0	0	4
Аминокислоты, строение и свойства. ДНК, РНК, нуклеотиды. Транскрипция и трансляция генов. Первичная структура белка. Вторичная, третичная и четвертичная структуры протеинов. Функции белков, связь со структурой.				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Экспериментальные методики	2	0	0	4
Революция в области экспериментальных технологий в биологии. Флуоресцентные маркеры. Зеленый белок GFP. Пример: исследование морфогенеза рыбки Данио-Рерио с помощью конфокальной микроскопии и флуоресцентных маркеров. Пример: волны синхронизации в ансамбле кишечных палочек.				
Моделирование биохимических систем	4	0	4	8
Типы моделей биохимических систем. Кинетические модели ферментативных реакций. Кинетика и термодинамика реакций. Закон действия масс, структурный анализ биохимических систем. Примеры моделей биохимических систем.				
Математические модели экспрессии гена	4	0	6	8
Типы регуляции. Модели регуляции на уровне транскрипции и трансляции, вывод функции регуляции экспрессии. Различные типы динамических моделей регуляции гена. Стохастическое и детерминистское описание экспрессии гена. Достоинства и недостатки каждого из подходов. Стохастическая модель транскрипции. Алгоритм Гиллеспи. Одногенная модель транскрипции с отрицательной обратной связью. Влияние немарковского поведения на динамику протеина. Обобщение алгоритма Гиллеспи на случай немарковского поведения в ходе генной регуляции.				
Генные сети	4	0	8	12
Структура, динамика и функция генных сетей. Графы, мотивы генных сетей регуляции, модули и свойства генных сетей. Модели на основе ОДЕ, стохастические модели. Особенности динамического поведения генных сетей. Стационарные и нестационарные аттракторы, устойчивость системы к возмущениям. Пример: динамическая модели циркадианных ритмов у нейроспоры, дрозофилы и человека. Типы данных высокопроизводительных экспериментов. Алгоритмы. Методы подгонки моделей к экспериментальным данным. Статистические методы и алгоритмы. Программные средства моделирования.				
ИТОГО по 3-му семестру	16	0	18	36
ИТОГО по дисциплине	16	0	18	36

Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Одногенная модель с отрицательной обратной связью: детерминистский анализ.
2	Одногенная модель с отрицательной и положительной обратной связью: детерминистский анализ.
3	Одногенная модель с отрицательной обратной связью, запаздыванием и димеризацией белка: детерминистский анализ
4	Стохастическое описание биохимических систем с помощью алгоритма Гиллеспи. Стохастическое описание генной регуляции в рамках одногенной модели: алгоритм Гиллеспи.
5	Простейшая сеть из двух генов: анализ нелинейной динамики двух-генной модели с запаздыванием и димеризацией белка.
6	Математическая модель циркадианных ритмов нейроспоры.
7	Нелинейная динамика репрессилатора Эловица в симметричном случае: детерминистский анализ.
8	Нелинейная динамика репрессилатора Эловица с запаздыванием: детерминистский анализ.
9	Стохастический расчет репрессилатора Эловица с запаздыванием.

5. Организационно-педагогические условия

5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при которой учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установления связей с ранее освоенным материалом.

Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются проблемные области, формируются группы. При проведении практических занятий преследуются следующие цели: применение знаний отдельных дисциплин и творческих методов для решения проблем и принятия решений; отработка у обучающихся навыков командной работы, межличностных коммуникаций и развитие лидерских качеств; закрепление основ теоретических знаний.

При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.

5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям, лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

6.1. Печатная учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
1. Основная литература		
1	Коничев А. С. Молекулярная биология : учебник / А. С. Коничев, Г. А. Севастьянова. - Москва: Академия, 2012.	6
2	Принципы и методы биохимии и молекулярной биологии : учебное издание : пер. с англ. / Под ред. К. Уилсона, Дж. Уолкера, А. В. Левашова. - Москва: БИНОМ. Лаб. знаний, 2015.	10
3	Шмид Р. Наглядная биотехнология и генетическая инженерия : пер. с нем. / Р. Шмид. - Москва: БИНОМ. Лаб. знаний, 2014.	19
2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		
1	Динамические модели процессов в клетках и субклеточных наноструктурах / В. Д. Лахно [и др.]. - Москва Ижевск: Ин-т компьютер. исслед., Регуляр. и хаот. динамика, 2010.	1
2	Жимулев И.Ф. Общая и молекулярная генетика : учебное пособие для вузов / И.Ф. Жимулев. - Новосибирск: Изд-во НГУ, 2002.	2
3	Козлов Н. Н. Математический анализ генетического кода / Н. Н. Козлов. - Москва: БИНОМ. Лаб. знаний, 2010.	1
4	Романовский Ю.М. Математическое моделирование в биофизике. Введение в теоретическую биофизику / Ю.М. Романовский, Н.В. Степанова, Д.С. Чернавский. - М. Ижевск: Ин-т компьют. исслед., 2004.	2
5	Уэй Т. А. Физические основы молекулярной биологии : учебное пособие : пер. с англ. / Т. А. Уэй. - Долгопрудный: Интеллект, 2010.	3
6	Хаубольд Б. Введение в вычислительную биологию: эволюционный подход : пер. с англ. / Б. Хаубольд, Т. Вие. - Москва Ижевск: Регуляр. и хаот. динамика, Ин-т компьютер. исслед., 2011.	1
2.2. Периодические издания		
1	Молекулярная биология : научно-теоретический журнал / Российская академия наук. Отделение биологических наук. - Москва: Наука, 1967 - .	
2.3. Нормативно-технические издания		

	Не используется	
3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины		
	Не используется	
4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента		
	Не используется	

6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов	Лаптева Т.В., Иванченко М.В. Математические модели генной регуляции: Учебно-методическое пособие. Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2014. 24 с	http://www.itmm.unn.ru/files/2016/07/lapteva_ivanchenko.pdf	сеть Интернет; свободный доступ

6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	Windows 10 (подп. Azure Dev Tools for Teaching)
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567

6.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
База данных Scopus	https://www.scopus.com/
База данных Springer Nature e-books	http://link.springer.com/ http://jwww.springerprotocols.com/ http://materials.springer.com/ http://zbmath.org/ http://npg.com/
База данных Web of Science	http://www.webofscience.com/
База данных научной электронной библиотеки (eLIBRARY.RU)	https://elibrary.ru/
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	http://lib.pstu.ru/
Электронно-библиотечная система Лань	https://e.lanbook.com/
Электронно-библиотечная система IPRbooks	http://www.iprbookshop.ru/
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	http://www.consultant.ru/

7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лекция	Лекционная аудитория, оборудованная электронным проектором и экраном	1
Практическое занятие	Персональные компьютеры (локальная компьютерная сеть)	4

8. Фонд оценочных средств дисциплины

Описан в отдельном документе

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Пермский национальный исследовательский политехнический
университет»

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
(приложение к рабочей программе дисциплины)

Дисциплина: Динамика генных цепей

Форма обучения: очная

Уровень высшего образования: магистратура

Общая трудоёмкость: 108 ч (3 ЗЕ)

Направление подготовки: 01.04.02 Прикладная математика и информатика

Профиль программы: Хемобиодинамика и биоинформатика

Выпускающая кафедра: Прикладной физики

Курс: 2 **Семестр:** 3

Виды контроля с указанием семестра: Экзамен, 3

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине разработан в соответствии с общей частью фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации основной образовательной программы, которая устанавливает систему оценивания результатов промежуточной аттестации и критерии выставления оценок. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине устанавливает формы и процедуры текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.

1. Перечень формируемых частей компетенций, этапы их формирования и контролируемые результаты обучения

1.1. Формируемые части компетенций

Согласно КМВ ОПОП учебная дисциплина Б1.В.11 «Динамика генных цепей» участвует в формировании компетенции **ПК-1.5**:

- способность ставить и решать междисциплинарные задачи математического моделирования объектов и процессов на стыке механики жидкости, химии, биологии и информатики.

1.2. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине, объекты оценивания и виды контроля

Согласно РПД освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра (3-го семестра учебного плана) и разбито на 5 учебных модулей. В каждом модуле предусмотрены аудиторские лекционные занятия, которые сопровождаются практическими занятиями, а также самостоятельной работой студентов. В конце обучения проводится экзамен. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируются компоненты компетенций *знать, уметь, владеть*, указанные в РПД, и которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения по дисциплине (табл. 1.1).

Контроль уровня усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений осуществляется в рамках текущего, рубежного и промежуточного контроля при изучении теоретического материала, сдаче отчетов по практическим занятиям и индивидуальным работам. Виды контроля сведены в таблицу 1.1.

Таблица 1.1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине

Контролируемые результаты освоения дисциплины (ЗУВы)	Вид контроля					
	Текущий		Рубежный			Промежуточный
	С	ПЗ	КР	ИЗ	ОПЗ	Экзамен
Усвоенные знания						
З.1 - знает принципы реализации механизмов, обеспечивающих взаимодействие молекул и клеток с одной стороны и отдельных органов и организма как целого с другой стороны;	С					ТВ
З.2 - знает основные современные методы получения экспериментальных данных по динамике генных цепей;	С					ТВ
З.3 - знает основные способы теоретического описания генных цепей.	С					ТВ
Освоенные умения						
У.1 - умеет получать и грамотно использовать информацию из баз данных по структуре геномов и белков;		ПЗ по темам 1-9			ОПЗ	КЗ
У.2 - умеет читать язык обозначений процессов генной регуляции;		ПЗ по темам 1-9			ОПЗ	КЗ
У.3 - умеет читать и разрабатывать новые программы, используемые для решения задач в области компьютерного моделирования генных цепей.		ПЗ по темам 1-9			ОПЗ	КЗ
Приобретенные владения						
В.1 - владеет основными методами и подходами системной биологии генных цепей для проведения компьютерного моделирования динамики генных цепей;		ПЗ по темам 1-9			ОПЗ	КЗ
В.2 - владеет навыками сравнения результатов моделирования с данными, получаемыми экспериментально;		ПЗ по темам 1-9			ОПЗ	КЗ
В.3 - владеет навыками применения алгоритмов детерминистского и стохастического расчета динамики генных цепей.		ПЗ по темам 1-9			ОПЗ	КЗ

С – собеседование по теме; ТО – коллоквиум (теоретический опрос); КЗ – кейс-задача (индивидуальное задание); ОПЗ – отчет по практическому заданию; Т/КР – рубежное тестирование (контрольная работа); ТВ – теоретический вопрос; ПЗ – практическое занятие; ИЗ – индивидуальное задание; КЗ – комплексное задание экзамена.

Итоговой оценкой достижения результатов обучения по дисциплине является промежуточная аттестация в виде экзамена, проводимая с учетом результатов текущего и рубежного контроля.

2. Виды контроля, типовые контрольные задания и шкалы оценивания результатов обучения

Текущий контроль успеваемости имеет целью обеспечение максимальной эффективности учебного процесса, управление процессом формирования заданных компетенций обучающихся, повышение мотивации к учебе и предусматривает оценивание хода освоения дисциплины. В соответствии с Положением о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, специалитета и магистратуры в ПНИПУ предусмотрены следующие виды и периодичность текущего контроля успеваемости обучающихся:

- входной контроль, проверка исходного уровня подготовленности обучающегося и его соответствия предъявляемым требованиям для изучения данной дисциплины;

- текущий контроль усвоения материала (уровня освоения компонента «знать» заданных компетенций) на каждом групповом занятии и контроль посещаемости лекционных занятий;

- промежуточный и рубежный контроль освоения обучающимися отдельных компонентов «знать», «уметь» заданных компетенций путем компьютерного или бланочного тестирования, контрольных опросов, контрольных работ (индивидуальных домашних заданий), защиты отчетов по лабораторным работам, рефератов, эссе и т.д.

Рубежный контроль по дисциплине проводится на следующей неделе после прохождения модуля дисциплины, а промежуточный – во время каждого контрольного мероприятия внутри модулей дисциплины;

- межсессионная аттестация, единовременное подведение итогов текущей успеваемости не менее одного раза в семестр по всем дисциплинам для каждого направления подготовки (специальности), курса, группы;

- контроль остаточных знаний.

2.1. Текущий контроль усвоения материала

Текущий контроль усвоения материала в форме собеседования или выборочного теоретического опроса студентов проводится по каждой теме. Результаты по 4-балльной шкале оценивания заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

2.2. Рубежный контроль

Рубежный контроль для комплексного оценивания усвоенных знаний, освоенных умений и приобретенных владений (табл. 1.1) проводится в форме защиты отчетов по практическим заданиям (после изучения каждого модуля учебной дисциплины). Типовые темы практических занятий приведены в РПД. Защита отчета проводится индивидуально каждым студентом или группой студентов. Типовые шкала и критерии оценки приведены в общей части ФОС программы.

2.3. Промежуточная аттестация (итоговый контроль)

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями допуска являются успешная сдача всех от-

четов по практическим занятиям и положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

Промежуточная аттестация, согласно РПД, проводится в виде экзамена по дисциплине устно по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки усвоенных знаний и комплексные задания (КЗ) для контроля уровня усвоенных умений и приобретенных владений всех заявленных компетенций.

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания, контролирующие уровень сформированности *всех* заявленных компетенций. Форма билета представлена в общей части ФОС образовательной программы.

2.3.1. Типовые вопросы и задания для экзамена по дисциплине Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:

1. Что такое жизнь с точки зрения физики?
2. Революционные изменения в технике эксперимента: флуоресцентные метки.
3. Революционные изменения в технике эксперимента: микрожидкостные чипы.
4. Революционные изменения в технике эксперимента: геновая инженерия.
5. Открытие структуры ДНК. Особенности хранения наследственной информации.
6. Механизмы геновой регуляции.
7. Закон действующих масс в задачах геновой регуляции: примеры.
8. Динамика оператор-сайта: модель активации гена.
9. Кооперативное и некооперативное связывание в динамике двухместного оператор-сайта с положительной обратной связью.
10. Динамика оператор-сайта: модель репрессии (ингибции) гена.
11. Кооперативное и некооперативное связывание в динамике двухместного оператор-сайта с отрицательной обратной связью.
12. Модели авторегуляции гена с положительной и отрицательной обратной связью.
13. Возбуждение колебаний в математической модели Гудвина.
14. Методология синтетической биологии.
15. Структура и динамика репрессилатора Эловица.
16. Минимальная математическая модель репрессилатора Эловица.
17. Конструктор синтетической биологии.
18. Запаздывание в процессах геновой регуляции.
19. Модель деградации протеина с задержкой.
20. Модель запаздывающего авторепрессора с димеризацией.
21. Модель запаздывающего репрессилатора.
22. Природа шума в геновой регуляции: внутренний и внешний шум системы.
23. Детерминистское и стохастическое описание процессов геновой регуляции.
24. Алгоритм Гиллеспи для численного расчета стохастических систем.
25. Модификация алгоритма Гиллеспи на случай запаздывания.

26. Стохастическое возбуждение колебаний в зашумленном авторепрессоре с запаздыванием.

Пример типового комплексного задания для проверки умений и владений представлен в приложении 1. *Полный перечень теоретических вопросов и практических заданий в форме утвержденного комплекта экзаменационных билетов хранится на выпускающей кафедре.*

2.3.2. Шкалы оценивания результатов обучения на экзамене

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных компетенций проводится по 4-х балльной шкале оценивания путем выборочного контроля во время экзамена.

Типовые шкала и критерии оценки результатов обучения при сдаче экзамена для компонентов *знать, уметь и владеть* приведены в общей части ФОС образовательной программы.

3. Критерии оценивания уровня сформированности компонентов и компетенций

3.1. Оценка уровня сформированности компонентов компетенций

При оценке уровня сформированности компетенций в рамках выборочного контроля при экзамене считается, что *полученная оценка за компонент проверяемой в билете компетенции обобщается на соответствующий компонент всех компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.*

Типовые критерии и шкалы оценивания уровня сформированности компонентов компетенций приведены в общей части ФОС образовательной программы.

3.2. Оценка уровня сформированности компетенций

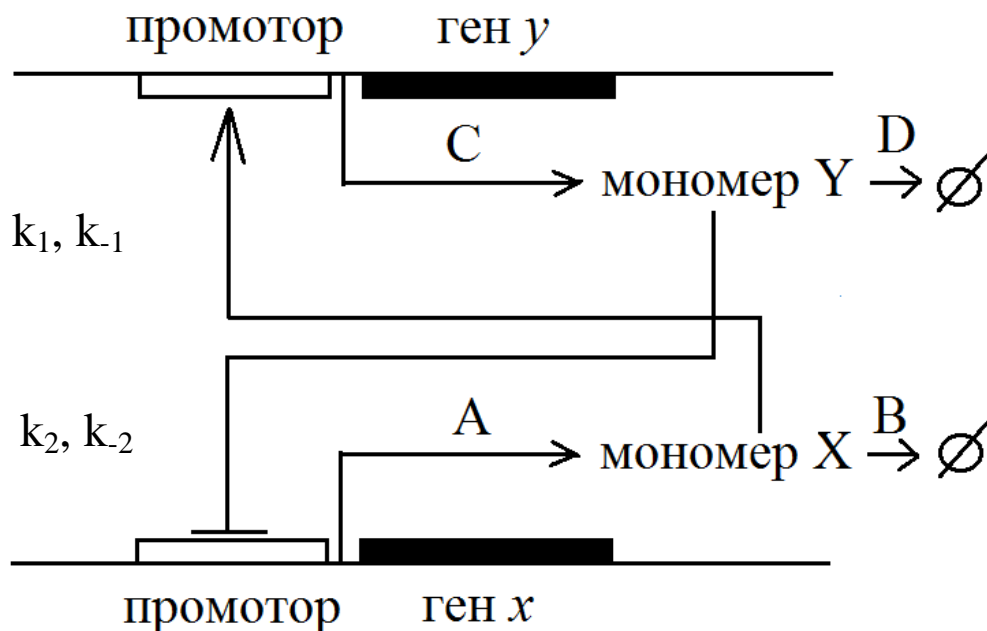
Общая оценка уровня сформированности всех компетенций проводится путем агрегирования оценок, полученных студентом за каждый компонент формируемых компетенций, с учетом результатов текущего и рубежного контроля в виде интегральной оценки по 4-х балльной шкале. Все результаты контроля заносятся в оценочный лист и заполняются преподавателем по итогам промежуточной аттестации.

Форма оценочного листа и требования к его заполнению приведены в общей части ФОС образовательной программы.

Типовое комплексное задание экзамена для проверки умений и владений

Задание № 1. Исследовать динамику двухгенной модели экспрессии белков с перекрестной регуляцией. Этапы работы:

1. По известной схеме регуляции (см. схему ниже) записать химические уравнения;
2. Получить модельные уравнения в рамках детерминистского описания, предполагая, что характерные времена экспрессии и деградации белков много больше времен динамики оператор-сайтов и димеризации;
3. Исследовать полученную динамическую модель с помощью методов нелинейной динамики (аналитически, либо с помощью компьютерной программы для аналитических вычислений): найти аттракторы, исследовать их устойчивость, определить основные бифуркации, построить фазовые портреты. При необходимости использовать как аналитические, так и численные методы исследования;
4. Написать программу стохастического расчета двухгенной системы на схеме, используя алгоритм Гиллеспи;
5. Исследовать стохастическую динамику системы на схеме. Параметры расчета задать самостоятельно с учетом предположения о быстрых и медленных реакционных каналах.
6. Сравнить результаты детерминистского и стохастического описания.



Критерии оценки выполнения комплексного задания экзамена

Оценка «пять» ставится, если обучающийся справился со всеми пунктами задания, а также осознанно излагает и оценивает полученные им результаты; демонстрирует умение аргументировать свою точку зрения в ответ на уточняющие вопросы преподавателя, умеет анализировать, обобщать и предлагает верные пути решения складывающейся ситуации.

Оценка «четыре» ставится, если обучающийся справился хотя бы с четырьмя пунктами задания; понимает и правильно интерпретирует полученные им результаты, логично строит свой ответ, но допускает незначительные неточности при описании методов решения или свойств исследуемой системы.

Оценка «три» ставится, если обучающийся справился хотя бы с половиной пунктов задания; ориентируется в методах и подходах решения и при описании полученных результатов, но нуждается в наводящих вопросах преподавателя, не умеет анализировать или не вполне владеет терминологией при описании исследуемой системы.

Оценка «два» ставится, если обучающийся не справился с большей частью заданий; плохо ориентируется и не понимает сути необходимого исследования, либо допускает грубые ошибки при описании своих действий при выполнении заданий.