

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский
государственный университет» (Новосибирский государственный университет, НГУ)

Факультет естественных наук

Согласовано

Декан ФЕН

Резников В.А.

подпись

«___» _____ 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СИСТЕМНОЙ БИОЛОГИИ: МОДЕЛИРОВАНИЕ МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

направление подготовки: 06.04.01 Биология

направленность (профиль): Информационная биология

Форма обучения: очная

Разработчики:

к.б.н., ассистент Акбердин И.Р.

Зав.каф. информационной биологии
академик РАН Колчанов Н.А.

Руководитель программы:

д.б.н., профессор Шестопалова Л.В.

Новосибирск, 2020

Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.....3
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы4

3. Трудоемкость дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающегося	4
4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий.....	5
5. Перечень учебной литературы	6
6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся..	8
7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины	8
8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине	9
9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине	9
10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.....	9
Приложение 1 Аннотация по дисциплине	
Приложение 2 Оценочные средства по дисциплине	

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Результаты освоения образовательной программы (компетенции)	В результате изучения дисциплины обучающиеся должны:		
	знать	уметь	владеть
ОПК-3 Готовность использовать фундаментальные биологические представления в сфере профессиональной деятельности для постановки и решения новых задач	- особенности и специфику объекта и метода исследования, - методы сбора и анализа информации для решения поставленных исследовательских задач		- навыками самостоятельного анализа имеющейся информации
ОПК-7 Готовность творчески применять современные компьютерные технологии при сборе, хранении, обработке, анализе и передаче биологической информации для решения профессиональных задач	- основные методы и подходы математического и компьютерного моделирования динамики молекулярно-генетических систем на всех уровнях их организации	- работать с базами данных по тематике (направлению) исследования	- навыками приемами моделирования биологических процессов, а также способами оценки валидности разработанных моделей
ПК-4 Способность генерировать новые идеи и методические решения		- применять основные методы и подходы математического и компьютерного моделирования динамики молекулярно-генетических систем на всех уровнях их организации	- приемами и методами для выполнения и решения новых идей
ПК-7 Готовность осуществлять проектирование и контроль биотехнологических процессов			- навыками моделирования молекулярно-генетических систем с помощью обобщенного химико-кинетического подхода

Результаты освоения образовательной программы (компетенции)	В результате изучения дисциплины обучающиеся должны:		
	знать	уметь	владеть
ПК-8 Способность планировать и проводить мероприятия по оценке состояния и охране природной среды, организовать мероприятия по рациональному природопользованию, оценке и восстановлению биоресурсов		- обосновывать выбор того или иного метода, - интерпретировать полученные результаты с учетом всех ограничений и особенностей используемого метода, - вести научно-исследовательскую деятельность в соответствии с регламентом	

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплины (практики), изучение которых необходимо для освоения дисциплины **Математические основы системной биологии: моделирование молекулярно-генетических систем:**

- Базовые знания общей биологии;
- Знания и навыки курса «Организация и функционирование молекулярно-генетических систем IV: генные сети»;
- Знания и навыки курса «Обыкновенные дифференциальные уравнения»;
- желателен опыт работы в одном из пакетов программ: SciLab, MATLAB® или Mathematica®.

Дисциплины (практики), для изучения которых необходимо для освоения дисциплины **Математические основы системной биологии: моделирование молекулярно-генетических систем:**

- Эволюционная биология II: эволюция сложных систем;
- Современные проблемы биологии: биоинформатика структур макромолекул;
- В научно-исследовательская работе;
- При подготовке магистерской диссертации

3. Трудоемкость дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающегося

Трудоемкость дисциплины – 2 з.е. (72 ч)

Форма промежуточной аттестации: 1 семестр – экзамен

№	Вид деятельности	Семестр
		1
1	Лекции, ч	14

2	Практические занятия, ч	28
3	Лабораторные занятия, ч	
4	Занятия в контактной форме, ч, из них	48
5	из них аудиторных занятий, ч	42
6	в электронной форме, ч	
7	консультаций, час.	2
8	промежуточная аттестация, ч	4
9	Самостоятельная работа, час.	24
10	Всего, ч	72

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

1 семестр
Лекции (14 ч)

Наименование темы и их содержание	Объем, час
Раздел 1 Основные понятия и термины в области математического моделирования живых систем	
1. Основные понятия и термины в области математического моделирования живых систем (модель, способы моделирования, процесс построения модели, генные сети как объект моделирования)	1
2. Современный обзор существующих подходов и методов математического моделирования молекулярно-генетических систем.	1
3. Математическое моделирование генных сетей и метаболических систем в различных компьютерных системах.	2
Раздел 2 Использование методов потокового и динамического моделирования для исследования динамики функционирования молекулярно-генетических систем на внутриклеточном уровне.	
1. Потоковое моделирование метаболических путей.	2
2. Динамическое моделирование молекулярно-генетических систем	2
Раздел 3 Моделирование распределения веществ в тканях и органах животных и растений.	
1. Тканевой и организменный уровни: Морфогены и формирование биологического паттерна.	2
2. Математическое моделирование развития ткани растения	2
Раздел 4. Использование различных подходов математического моделирования для описания, как структуры, так и динамики функционирования живых систем на популяционном уровне.	
1. Популяционный уровень: Экологическое моделирование.	1
2. Моделирование эволюционных процессов	1

Практические занятия (28 ч)

Содержание практического занятия	Объем, час
Практическое занятие по теме «Математическое моделирование генных сетей и метаболических систем в различных компьютерных системах»	4
Практическое занятие по разделу «Использование методов потокового и динамического моделирования для исследования динамики	10

функционирования молекулярно-генетических систем на внутриклеточном уровне»	
Практическое занятие по разделу «Моделирование распределения веществ в тканях и органах животных и растений»	8
Практическое занятие по разделу «Использование различных подходов математического моделирования для описания, как структуры, так и динамики функционирования живых систем на популяционном уровне»	6

Самостоятельная работа студентов (24 ч)

Перечень занятий на СРС	Объем, час
Подготовка к практическим занятиям.	14
Подготовка к экзамену	10

5. Перечень учебной литературы

5.1 Основная литература

1. • Корниш-Боуден Э. Основы ферментативной кинетики //Пер. Курганова БИ. – 1979.
- 2 Лихошвай В.А., Ратушный А.В., Бажан С.И., Недосекина-Ощепкова Е.А., Фадеев С.И., Хлебодарова Т.М., Колчанов В.А. Методы моделирования динамики молекулярно-генетических систем. В: «Системная компьютерная биология» (Отв. ред. Н.А.Колчанов, С.С.Гончаров, В.А. Лихошвай и В.А. Иванисенко) // Н: Изд. СО РАН. – 2008а. – С.333-393.
- 3 Ратнер В. А. Молекулярно-генетические системы управления. – 1975.
- 4 Ризниченко Г. Ю. Лекции по математическим моделям в биологии //Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика. – 2002. – Т. 232.
- 5 Alon U. An introduction to systems biology: design principles of biological circuits. – CRC press, 2006.
- 6 Demin O., Goryanin I. Kinetic modelling in systems biology. – CRC Press, 2008.
- 7 Klipp E. et al. Systems biology in practice: concepts, implementation and application. – John Wiley & Sons, 2008.
- 8 Martello G., Smith A. The nature of embryonic stem cells //Annual review of cell and developmental biology. – 2014. – Т. 30. – №. 1. – С. 647.
- 9 Nowak M. Evolutionary Dynamics: Exploring the Equations of Life. – Cambridge: Harvard University Press, 2006.
- 10 Turing A. M. The chemical basis of morphogenesis //Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences. – 1952. – Т. 237. – №. 641. – С. 37-72.

5.2 Дополнительная литература

11. Албертс Б. и др. Молекулярная биология клетки. – 1987.
12. Горстко А. Б. Познакомьтесь с математическим моделированием. – Знание, 1991.
13. Дж М. Нелинейные дифференциальные уравнения в биологии: Лекции о моделях //Математическое моделирование популяций и сообществ водных животных. Л. – 1983. – С. 1-196.
14. Карнаухова А. В., Карнаухова Е. В. Применение нового метода идентификации нелинейных динамических систем для задач биохимии //Биохимия. – 2003. – Т. 68. – №. 3. – С. 309-317.
15. Григорян, А. С., Кругляков, П. В. Молекулярный контроль плюрипотентности // Гены и клетки. – 2008. – №2.
16. Демиденко Г. В., Лихошвай В. А. О дифференциальных уравнениях с запаздывающим аргументом //Сиб. мат. журн. – 2005. – Т. 46. – №. 3. – С. 538-552.

17. Лихошвай В.А., Матушкин Ю.Г., Ратушный А.В., Ананько Е.А., Игнатъева Е.В., Подколотная О.В. Обобщенный химико-кинетический метод моделирования генных сетей // Молекулярная биология. – 2001а. – Т. 35. – № 6. – С. 1072-1079.
18. Лихошвай В.А., Матушкин Ю.Г., Фадеев С.И. О связи графа генной сети с качественными режимами ее функционирования // Молекулярная биология. – 2001б. – Т. 35. – № 6. – С. 1080-1087.
19. Лихошвай В.А., Акбердин И.Р. Математическое моделирование динамики генных сетей // Учеб. пособие. Новосибирск, 2010.
20. Лихошвай В.А., Голубятников В.П., Демиденко, Г.В., Евдокимов А.А., Матвеева И.И., Фадеев С.И. Теория генных сетей. В «Системная компьютерная биология» (Отв. ред. Н.А.Колчанов, С.С.Гончаров, В.А. Лихошвай и В.А. Иванисенко) // Н: Изд. СО РАН. – 2008. – С. 397-480.
21. Медведев С. П., Шевченко А. И., Закиян С. М. Молекулярные основы поддержания самообновления и плюрипотентности эмбриональных стволовых клеток млекопитающих // Acta Naturae (русскаяязычная версия). – 2010. – Т. 2. – №. 3.
22. Ратнер В. А. Генетические управляющие системы: под общей ред. АА Ляпунова. – Наука, 1966. – Т. 3.
23. Хойл Ф. Математика эволюции. – 2012.
24. Чураев Р. Н. Математико-логические модели молекулярных систем управления // Исследования по математической генетике. ИЦиГ, Новосибирск. – 1975. – С. 67-76.
25. Чураев Р. Н., Ратнер В. А. Моделирование молекулярно-генетических систем управления на языке теории автоматов // Сообщ. I. В: Опероны и оперонные системы Исследования по теоретической генетике. Новосибирск: ИЦиГ СО АН СССР. – 1972. – С. 210-228.
26. Abbott R. et al. Hybridization and speciation // Journal of Evolutionary Biology. – 2013. – Т. 26. – №. 2. – С. 229-246.
27. Alberts B. et al. Essential cell biology. – Garland Science, 2013.
28. Andrecut M., Kauffman S. A. On the sparse reconstruction of gene networks // Journal of Computational Biology. – 2008. – Т. 15. – №. 1. – С. 21-30.
29. Bower J. M., Bolouri H. Computational modeling of genetic and biochemical networks. – MIT press, 2001.
30. Britton N. F. et al. Reaction-diffusion equations and their applications to biology. – Academic Press, 1986.
31. Chickarmane V. et al. Transcriptional dynamics of the embryonic stem cell switch // PLoS Comput Biol. – 2006. – Т. 2. – №. 9. – С. e123.
32. Chickarmane V., Peterson C. A computational model for understanding stem cell, trophoctoderm and endoderm lineage determination // PLoS one. – 2008. – Т. 3. – №. 10. – С. e3478.
33. Churaev R. N., Galimzianov A. V. [Modeling real eukaryotic control gene subnetworks based on generalized threshold models] // Molekuliarnaia biologii. – 2000. – Т. 35. – №. 6. – С. 1088-1094.
34. Cornish-Bowden A. Principles of enzyme kinetics. – Elsevier, 2014.
35. Cornish-Bowden A. An automatic method for deriving steady-state rate equations // Biochemical Journal. – 1977. – Т. 165. – №. 1. – С. 55-59.
36. Covert M. W., Palsson B. O. Constraints-based models: regulation of gene expression reduces the steady-state solution space // Journal of theoretical biology. – 2003. – Т. 221. – №. 3. – С. 309-325.
37. Covert M. W. et al. Integrating high-throughput and computational data elucidates bacterial networks // Nature. – 2004. – Т. 429. – №. 6987. – С. 92-96.
38. Edwards R. Analysis of continuous-time switching networks // Physica D: Nonlinear Phenomena. – 2000. – Т. 146. – №. 1. – С. 165-199.

39. Edwards R., Glass L. Combinatorial explosion in model gene networks //Chaos: An Interdisciplinary Journal of Nonlinear Science. – 2000. – Т. 10. – №. 3. – С. 691-704.
40. Edwards R. et al. Symbolic dynamics and computation in model gene networks //Chaos: An Interdisciplinary Journal of Nonlinear Science. – 2001. – Т. 11. – №. 1. – С. 160-169.
41. Elowitz M. B., Leibler S. A synthetic oscillatory network of transcriptional regulators //Nature. – 2000. – Т. 403. – №. 6767. – С. 335-338.
42. Grimm V., Berger U. Structural realism, emergence, and predictions in next-generation ecological modelling: Synthesis from a special issue //Ecological Modelling. – 2016. – Т. 326. – С. 177-187.
43. Goh T. et al. Systems biology approaches to understand the role of auxin in root growth and development //Physiologia plantarum. – 2014. – Т. 151. – №. 1. – С. 73-82.
44. Kitano H. et al. (ed.). Foundations of systems biology. – Cambridge : MIT press, 2001. – С. 1-36.
45. Kondo S., Miura T. Reaction-diffusion model as a framework for understanding biological pattern formation //science. – 2010. – Т. 329. – №. 5999. – С. 1616-1620.
46. Likhoshvai V., Ratushny A. Generalized hill function method for modeling molecular processes //Journal of bioinformatics and computational biology. – 2007. – Т. 5. – №. 02b. – С. 521-531.
47. Loh Y. H. et al. The Oct4 and Nanog transcription network regulates pluripotency in mouse embryonic stem cells //Nature genetics. – 2006. – Т. 38. – №. 4. – С. 431-440.
48. MacArthur B. D., Ma'ayan A., Lemischka I. R. Systems biology of stem cell fate and cellular reprogramming //Nature Reviews Molecular Cell Biology. – 2009. – Т. 10. – №. 10. – С. 672-681.
49. Niwa H. How is pluripotency determined and maintained? //Development. – 2007. – Т. 134. – №. 4. – С. 635-646.
50. Niwa, H. Mechanisms of Stem Cell Self-Renewal // Essentials of Stem Cell Biology / Ed. R. Lanza, A. Atala. – Academic Press, 2014. – С. 81-94.
51. Takahashi K., Yamanaka S. Induction of pluripotent stem cells from mouse embryonic and adult fibroblast cultures by defined factors //cell. – 2006. – Т. 126. – №. 4. – С. 663-676.
52. Singh A. M. et al. A heterogeneous expression pattern for Nanog in embryonic stem cells //Stem cells. – 2007. – Т. 25. – №. 10. – С. 2534-2542.
53. Strogatz S. H. Nonlinear dynamics and chaos: with applications to physics, biology, chemistry, and engineering. – Westview press, 2014.

6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся

54. Презентации лекций курса на сайте кафедры информационной биологии.

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

Освоение дисциплины используются следующие ресурсы:

- электронная информационно-образовательная среда НГУ (ЭИОС);
- образовательные интернет-порталы;
- информационно-телекоммуникационная сеть Интернет.

Взаимодействие обучающегося с преподавателем (синхронное и (или) асинхронное) осуществляется через личный кабинет студента в ЭИОС, электронную почту, социальные сети.

7.1 Современные профессиональные базы данных:

Не используются

7.2. Информационные справочные системы

Не используются

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

8.1 Перечень программного обеспечения

Для обеспечения реализации дисциплины используется стандартный комплект программного обеспечения (ПО), включающий регулярно обновляемое лицензионное ПО Windows и MS Office.

8.2 Информационные справочные системы

Не используются

9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Для реализации дисциплины **Математические основы системной биологии: моделирование молекулярно-генетических систем** используются специальные помещения:

1. Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, для выполнения практических заданий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля, промежуточной и итоговой аттестации;

2. Помещения для самостоятельной работы обучающихся;

Учебные аудитории укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду НГУ.

Для проведения занятий лекционного типа предлагаются следующие наборы демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий:

- комплект лекций-презентаций по темам дисциплины.

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине для обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется согласно «Порядку организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в Новосибирском государственном университете».

10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине

Перечень результатов обучения по дисциплине **Математические основы системной биологии: моделирование молекулярно-генетических систем** и индикаторов их достижения представлен в виде знаний, умений и владений в разделе 1.

10.1 Порядок проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине

Текущий контроль успеваемости:

Для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации студенты выполняют и сдают преподавателю задания по тематикам практических занятий.

Оценка учебной деятельности студента в ходе обучения по программе курса в течение 1 семестра осуществляется в форме начисления определенной суммы баллов в соответствии с результатами текущего контроля по следующим видам учебной деятельности:

Лекции:

Оценивается посещаемость, посещение каждой лекции оценивается в 20 баллов.

Практические занятия:

Оценивается правильность выполнения заданий. Правильно выполненное задание всего практического занятия оценивается в 20 баллов.

Промежуточная аттестация:

Экзамен по дисциплине «**Математические основы системной биологии: генные сети: математическое моделирование и анализ**» проводится в форме устного экзамена. Итоговая оценка выставляется по сумме набранных на экзамене баллов и за работу в семестре.

Описание критериев и шкал оценивания индикаторов достижения результатов обучения по дисциплине Математические основы системной биологии: моделирование молекулярно-генетических систем

Таблица 10.1

Код компетенции	Результат обучения по дисциплине	Оценочное средство
ОПК-3	Знание особенностей и специфики объекта и метода исследования	Выполнение практических заданий Экзамен
	Знание методов сбора и анализа информации для решения поставленных исследовательских задач	Выполнение практических заданий
	Владение навыками самостоятельного анализа имеющейся информации	Выполнение практических заданий Экзамен
ОПК-7	Знание основных методов и подходов математического и компьютерного моделирования динамики молекулярно-генетических систем на всех уровнях их организации	Выполнение практических заданий Экзамен
	Умение работать с базами данных по тематике (направлению) исследования	Выполнение практических заданий
	Владение навыками приемами моделирования биологических процессов, а также способами оценки валидности разработанных моделей	Выполнение практических заданий Экзамен
ПК-4	Умение применять основные методы и подходы математического и компьютерного моделирования динамики молекулярно-генетических систем на всех уровнях их организации	Выполнение практических заданий
	Владение приемами и методами для выполнения и решения новых идей	Выполнение практических заданий Экзамен
ПК-7	Владение навыками моделирования молекулярно-генетических систем с помощью обобщенного химико-кинетического подхода	Выполнение практических заданий

ПК-8	Умение обосновывать выбор того или иного метода	Выполнение практических заданий Экзамен
	Умение интерпретировать полученные результаты с учетом всех ограничений и особенностей используемого метода	Выполнение практических заданий Экзамен
	Умение вести научно-исследовательскую деятельность в соответствии с регламентом	Выполнение практических заданий

Таблица 10.2

Критерии оценивания результатов обучения	Шкала оценивания
<p><u>Выполнение практического задания</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – корректность и адекватность выбранных методов моделирования, – полнота понимания и использованных методов, – осмысленность, логичность и аргументированность изложения материала, – точность и корректность применения терминов и понятий, – полнота решения практического задания. <p>В решении практического задания можно допустить непринципиальные неточности.</p> <p><u>Экзамен:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – владение теоретическим и фактическим материалом, – полнота понимания и изложения методов моделирования молекулярно-генетических систем, – самостоятельность, осмысленность, структурированность, логичность и аргументированность изложения материала, отсутствие затруднений в объяснении процессов, а также при формулировке собственных суждений, – точность и корректность применения терминов и понятий, – наличие исчерпывающих ответов на дополнительные вопросы. <p>При изложении ответа на вопрос(ы) экзаменационного билета обучающийся может допустить непринципиальные неточности.</p>	<i>Отлично</i>
<p><u>Выполнение практического задания</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – неполнота реализации выбранных методов моделирования и интерпретации результатов, – полнота понимания выбранных методов моделирования, – осмысленность, логичность и аргументированность изложения материала, наличие затруднений в формулировке собственных суждений, – точность и корректность применения терминов и понятий при наличии незначительных ошибок, – полнота решения практического задания. <p><u>Экзамен:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – владение теоретическим и фактическим материалом, – полнота понимания и изложения методов моделирования молекулярно-генетических систем, – самостоятельность, осмысленность, структурированность, логичность и аргументированность изложения материала, наличие затруднений в 	<i>Хорошо</i>

<p>объяснении отдельных процессов, а также при формулировке собственных суждений,</p> <ul style="list-style-type: none"> – точность и корректность применения терминов и понятий при наличии незначительных ошибок, – наличие полных ответов на дополнительные вопросы с возможным присутствием ошибок. 	
<p><u>Выполнение практического задания:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – неосознанность и неосновательность выбранных методов моделирования и их интерпретации результатов, – частичное понимание выбранных методов моделирования, – осмысленность в изложении материала, наличие ошибок в логике и аргументации, – корректность применения терминов и понятий при наличии незначительных ошибок, – незаконченность решения практической задачи при правильно выбранном и примененном методе моделирования <p><u>Экзамен:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – недостаточное владение теоретическим и фактическим материалом – частичное понимание и неполное изложение методов моделирования, – самостоятельность и осмысленность в изложении материала, наличие ошибок в логике и аргументации, в объяснении процессов, а также затруднений при формулировке собственных суждений, – корректность применения терминов и понятий, при наличии незначительных ошибок, – наличие неполных и/или содержащих существенные ошибки ответов на дополнительные вопросы. 	<p><i>Удовлетворительно</i></p>
<p><u>Выполнение практического задания:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – отсутствие владения теоретическим и фактическим материалом, – отсутствие понимания методов математического моделирования и интерпретации результатов, – компилятивное, неосмысленное, нелогичное и неаргументированное изложение материала, – грубые ошибки в применении терминов и понятий, – фрагментарность раскрытия темы <p><u>Экзамен:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – фрагментарное и недостаточное представление теоретического и фактического материала, – непонимание принципов выбора того или иного метода моделирования, – отсутствие осмысленности, структурированности, логичности и аргументированности в изложении материала, – грубые ошибки в применении терминов и понятий, – отсутствие ответов на дополнительные вопросы. 	<p><i>Неудовлетворительно</i></p>

Типовые контрольные задания и иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения

Типовые задания практических занятий

1. Построение и анализ математической модели циклической системы, состоящей из трех генетических элементов - репресселятор;
2. Построение и анализ кинетической модели последовательной цепи моносубстратных ферментативных реакций с ингибированием конечным продуктом первоначального фермента;
3. Построение и анализ потоковой модели гликолиза.
4. Построение и анализ минимальной математической модели ткани растения - зачаток листа.
5. Построение и анализ математической модели «коровой» геной сети поддержания плюрипотентности и дифференцировки эмбриональных стволовых клеток.

Образцы вопросов для подготовки к экзамену

- 1) Введение в курс, основные понятия и термины, обзор современных подходов и методов моделирования молекулярно-генетических систем
 - Что такое модель и для чего она нужна? Что такое моделирование?
 - Какие существуют приемы и способы моделирования?
 - Каковы основные этапы построения модели?
 - Какова специфика и особенности молекулярно-генетических систем как объекта моделирования? Что такое элементарные подсистемы биологических систем?
 - Какие методы и подходы наиболее часто используются для моделирования динамики молекулярно-генетических систем?
 - Какие существуют классификации методов классификация методов и подходов моделирования динамики молекулярно-генетических систем?
 - В чем состоит значение теоремы Корзухина с позиций моделирования элементарных подсистем в составе моделей геной сетей?
 - На чем основано автоматическое конструирование компьютерных моделей молекулярно-генетических систем? (охарактеризовать основные приемы)
 - Дайте определение обобщенным функциям Хилла. Когда использование обобщенных функций Хилла является целесообразным при моделировании элементарных подсистем в составе моделей геной сетей? Приведите примеры обобщенных функций Хилла, описывающих процессы ингибирования, активации и смешанного типа регуляции.
- 2) Математическое моделирование геной сетей и метаболических путей в различных компьютерных системах
 - Каковы основные этапы построения математических моделей?
 - Каковы основные проблемы, возникающие при математическом моделировании молекулярно-генетических систем?
 - Какими способами осуществляется верификация параметров математических моделей молекулярно-генетических систем?
 - Каким образом можно промоделировать различные мутации в геной сетях?
 - Что такое «мутационный портрет» геной сети и как его строят?
 - При исследовании каких вопросов применяются математические модели молекулярно-генетических систем?
 - Кратко охарактеризуйте форматы представления структуры геной сетей и математических моделей молекулярно-генетических систем: SBML, SBGN, SibML, CellML.
 - Кратко охарактеризуйте форматы и содержание базы данных математических моделей (Biomodels, E-cell, MAMMOTH и др.) и возможности компьютерных систем для

моделирования динамики генных сетей и метаболических путей (COBRA, COPASI, Cellerator, CellDesigner и др.).

3) Внутриклеточный уровень: Потокное моделирование метаболических путей

Какова специфика и особенности потокного моделирования метаболических путей?

Сформулируйте основные понятия и термины потокного моделирования.

Какие основные отличия MFA и FBA подходов?

Приведите примеры использования потокного моделирования для решения биотехнологических задач.

4) Внутриклеточный уровень: Динамическое моделирование молекулярно-генетических систем

Какова специфика и особенности обобщенного химико-кинетического метода моделирования?

Каким образом проводится формальное описание математических и компьютерных моделей генных сетей на основе обобщенного химико-кинетического метода моделирования?

Дайте краткое описание концепции «электронная клетка». Расскажите о существующих проблемах в создании «электронной клетки» и подходах к их решению.

Охарактеризуйте метаболизм нуклеотидов у *E.coli* и механизмы регуляции этой молекулярно-генетической системы. Кратко опишите математическую модель биосинтеза пиримидинов и режимы ее динамического поведения.

5) Тканевой и организменный уровни: Морфогены и формирование биологического паттерна

Кратко охарактеризуйте основные положения теории позиционной информации. Определите термин морфоген. Опишите основные процессы, влияющие на формирование распределения морфогена. Приведите примеры математического описания процессов диффузии, деградации (разбавления), регулируемого и нерегулируемого синтеза вещества.

6) Тканевой и организменный уровни: Математическое моделирование развития ткани растения

Кратко опишите механизмы распределения ауксина в корне и его влияние на развитие корневой системы. Опишите структурную гипотезу формирования распределения ауксина и область ее применения. Опишите математические модели "обратного фонтана" и «отраженной волны», области их применения.

Опишите основные приемы моделирования клеточной динамики. Какие допущения используют исследователи при моделировании роста и деления клеток. Опишите математические модели роста корня (1) без регуляции роста и деления клеток; (2) с регуляцией роста клеток; (3) с регуляцией деления клеток. Охарактеризуйте область применения каждой из моделей.

7) Тканевой и организменный уровни: Математическое моделирование механизмов поддержания плюрипотентности и дифференцировки эмбриональных стволовых клеток животных и человека.

Что такое плюрипотентность? Какие основные стадии эмбриогенеза животных и человека? В чем их различия между животными и человеком на различных уровнях регуляции поддержания плюрипотентности?

Кратко опишите основные механизмы поддержания плюрипотентности и дифференцировки эмбриональных стволовых клеток животных и человека.

Дайте определение понятию «коровая генная сеть» поддержания плюрипотентности и дифференцировки эмбриональных стволовых клеток животных и человека.

Опишите математическую модель «коровой геномной сети» поддержания плюрипотентности и дифференцировки эмбриональных стволовых клеток животных и человека, области её применения и результаты анализа.

8) Экологическое моделирование

Приведите примеры экологических и/или популяционно-генетических моделей, реализованных в разных формализмах. Какими преимуществами и недостатками обладают эти модели и формализмы?

Сформулируйте принципы построения комплексной экологической модели.

9) Моделирование эволюционных процессов

Каким образом можно смоделировать систему, структура которой эволюционирует во времени? Приведите примеры.

Какие существуют типы видообразования, чем они отличаются и что у них общее? Приведите примеры моделей видообразования.

Оценочные материалы по промежуточной аттестации (приложение 2), предназначенные для проверки соответствия уровня подготовки по дисциплине требованиям ФГОС, хранятся на кафедре-разработчике РПД в печатном и электронном виде.

**Лист актуализации рабочей программы дисциплины
«Математические основы системной биологии: моделирование молекулярно-
генетических систем»**

№	Характеристика внесенных изменений (с указанием пунктов документа)	Дата и № протокола Ученого совета ФЕН	Подпись ответственного