

## **ПРОГРАММА КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА**

### **Приложение к рабочей программе по дисциплине Математическая биология, биоинформатика, направленной на подготовку к сдаче кандидатских экзаменов**

#### **1. Общие положения**

Организация и проведение кандидатских экзаменов регламентируется Положением о подготовке научно-педагогических и научных кадров в системе послевузовского профессионального образования в Российской Федерации, утвержденным приказом Минобрнауки России от 27.03.98 № 814 (зарегистрирован Минюстом России 05.08.98, рег. №1582), приказом Минобрнауки РФ от 08 октября 2007 г. № 274 «Об утверждении программ кандидатских экзаменов».

Кандидатские экзамены являются составной частью аттестации научных и научно-педагогических кадров.

Результаты экзамена оцениваются как «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

#### **2. Цель кандидатского экзамена**

Цель экзамена – установить глубину профессиональных знаний соискателя ученой степени, уровень подготовленности к самостоятельной научно-исследовательской работе.

Сдача кандидатских экзаменов обязательна для присуждения ученой степени кандидата наук.

#### **3. Содержание программы**

##### **Введение**

В основу программы положены следующие дисциплины: общая биология; молекулярная биология; клеточная биология; биофизика; физиология; генетика и теория эволюции; биология развития; теория информации; информатика и информационные технологии; системный анализ, управление и обработка информации; математическое моделирование, численные методы и комплексы, системный синтез, нейроэмуляторы и теория хаоса-самоорганизации.

##### **Раздел 1. Теоретические и методологические основы биологической информатики. Биоинформатика – интегративная дисциплина**

1.1. Предметная область математического моделирования и биоинформатики – изучение организации и функционирования биологических систем на основе теоретических представлений, методов и технических средств информатики (науки, изучающей все аспекты получения, хранения, преобразования, передачи и использования информации). Гносеологические корни биоинформатики.

Взаимодействие биологических отраслей, математических дисциплин, семиотики, лингвистики, философии. Бионика. Биокибернетика. История возникновения биоинформатики в ходе развития информационных наук и технологий. Фундаментальные и прикладные аспекты биоинформатики.

1.2. Классическая теория информации. Теория кодирования. Энтропия как мера неопределенности стационарного случайного процесса. Количество информации и способы его измерения. Избыточность сигналов. Сжатие данных. Ошибки при передаче и хранении данных. Дискретные каналы связи с памятью и без памяти. Помехозащитное кодирование. Теорема Шеннона о пропускной способности канала связи.

1.3. Теория динамических систем. Синергетика (Г. Накен). Явления самоорганизации. Критика термодинамической трактовки информации (Д.С. Чернавский). Макро- и микроинформация.

Виды и свойства информации. Понятия «ценности» и «осмысленности» информации. Рецепция и генерация информации. Сигнал как процесс, несущий информацию; дискретные (цифровые) и непрерывные (аналоговые) сигналы. Соотношение понятий «данные», «сообщение», «информация», «знания».

1.4. Теория вероятностей. Случайные величины, их распределение и моменты. Законы больших чисел. Центральная предельная теорема. Понятие случайного процесса.

1.5. Математическая статистика. Планирование исследований. Типы данных. Статистический анализ данных.

1.6. Математическая логика. Алгебра логики. Логические выражения и логические операции. Множества и операции над ними. Отношения и функции.

1.7. Теория алгоритмов. Три класса алгоритмических моделей. Машина Тьюринга. Алгоритмы Маркова. Алгоритмически неразрешимые проблемы.

1.8. Системы счисления. Понятие о форматах чисел. Непозиционные системы; римская система записи чисел. Позиционные системы; десятичная система, двоичный код. Перевод чисел из одной позиционной системы в другую. Коды представления информации.

1.9. Системный анализ и синтез. Основные свойства системы: разнообразие, сложность, связность, устойчивость, управляемость, целостность. Типы систем. Задачи структурного анализа систем. Структурная сложность систем. Иерархия как способ преодоления сложности. Аксиомы системной сложности, виды сложности (автономная, вычислительная, динамическая, эволюционная). Понятие устойчивости и адаптируемости систем. Реализация принципов устойчивости и адаптируемости в автоматических и автоматизируемых системах. Новые методы идентификации устойчивости сложных биосистем. Различия в подходах. Неопределенности 1-го и 2-го рода. Методы идентификации хаоса.

1.10. Знаковые системы (семиотика). Синтаксис, семантика и прагматика знака.

1.11. Теория распознавания образов (М.М. Бонгард, И.М. Гельфанд). Обучение.

1.12. Моделирование реальных систем, процессов и явлений. Математические модели. Имитационные модели; моделирование по времени и по событиям.

Теоретические модели больших систем (алгебраические, теоретико-множественные, логические, сетевые, графовые и т.д.). Текстовые модели представления знаний и данных. Примеры моделей живых систем.

1.13. Теория принятий решений (исследование операций); концепции и механизмы выбора. Выбор оптимального решения; математическое программирование. Многокритериальные задачи. Теория игр; математические модели поиска рациональной стратегии поведения в конфликтных ситуациях. Методы системного синтеза. Три подхода в идентификации параметров порядка в биосистемах.

1.14. Интеллектуальные (когнитивные) системы. Представление знаний; семантические сети, фреймы. Моделирование рассуждений. Диалоговые системы. Экспертные системы. Принципы информационного поиска. Теория нейросетей. Методы нейрокомпьютинга в биологии и медицине по идентификации признаков.

## *Раздел 2. Вычислительная техника*

2.1. История появления и развития вычислительной техники. Электронные (цифровые), аналоговые и гибридные вычислительные машины.

2.2. Классификация электронных вычислительных машин (ЭВМ). Архитектура ЭВМ. Состав устройств ЭВМ, их назначение. Структурная схема фоннеймановской ЭВМ. Интегральные схемы. Микропроцессоры.

2.3. Кодирование и передача информации в ЭВМ. Способы представления чисел и методы преобразования информации. Машинная реализация арифметических операций.

2.4. Основные функциональные блоки центрального обрабатывающего устройства (процессора) ЭВМ. Назначение и структура арифметико-логического устройства ЭВМ. Принципы работы и состав узлов управления ЭВМ.

2.5. Запоминающие устройства ЭВМ. Классификация памяти. Постоянная, оперативная, сверхоперативная память. Виды памяти, используемой в устройствах ЭВМ.

2.6. Структура и характеристики внешних (периферийных) устройств ЭВМ. Организация обмена информацией между центральным обрабатывающим устройством и внешними устройствами ЭВМ. Внешние запоминающие устройства (ВЗУ); области их использования.

2.7. Системы телеобработки информации. Структура звеньев передачи данных.

## *Раздел 3. Информационные технологии. Использование в биологии и медицине*

3.1. Проблемы информационного обеспечения биомедицинских исследований – фундаментальных и прикладных. Источники информации. Информационные потребности и информационное поведение специалистов по фундаментальным и прикладным отраслям (биологов, биотехнологов, врачей и др.).

3.2. Базы и банки данных.

Обработка данных. Классы структур данных: иерархические, сетевые и реляционные. Уровни представления данных. Языки описания и манипулирования данными.

Системы управления базами данных (СУБД). Архитектура СУБД. Основные конструкции структур данных. Функции СУБД. Категории пользователей СУБД.

Система администрирования банком данных, ее компоненты и функции.

3.3. Информационный поиск. Основные понятия и виды поиска. Информационно-поисковые языки. Понятия пертинентности, смысловой и формальной релевантности. Критерии выдачи. Модели поиска. Стратегии поиска. Функциональная эффективность поиска. Поисковые массивы, способы их организации. Понятия об ассоциативном поиске и условиях его реализации.

3.4. Интеллектуальные информационные системы. Взаимодействие «человек–компьютер»; поддержка и усиление интеллектуальной активности человека. Прогнозирование свойств структурированных объектов в базах данных с неполной информацией в областях фармакологии, токсикологии, биохимии, медицинской диагностики, психологии и др.

#### **Раздел 4. Живые системы. Информационные биологические процессы**

4.1. Биология – интегративная наука, изучающая живые организмы; редукционистский и холистический подходы. Понятия «жизнь, живое» с позиций биологии, кибернетики, философии. Отличительные признаки живого. Характеристики живого как сложной системы. Самоорганизация биологических систем. Живые системы в классификации Г.Р.Иваницкого и В.В. Смолянинова. Жизнь с позиций теории хаоса-самоорганизации.

Понятие «биологическая информация». Принципы восприятия, передачи и обработки информации в организме.

4.2. Методология изучения живых систем.

Уровни организации и уровни изучения живой материи: макромолекулы, клетки, органы, ткани, организмы, популяции, виды, биогеоценозы, биосфера. Систематика живых организмов. Биологическое разнообразие. Современные биологические дисциплины.

4.3. Планирование и основные этапы биологического исследования. Статистические методы обработки медико-биологических данных. Пакеты компьютерных программ.

Базы и банки биологических и медицинских данных. Информационная поддержка исследований. Экспертные системы. Системы медицинской диагностики.

Принципы моделирования биологических систем и процессов.

Фрактальный анализ в медико-биологических исследованиях. Методы: минимальной реализации (ММР), теории хаоса-самоорганизации в идентификации главных диагностических признаков.

4.4. Химические компоненты и молекулярная организация живого. Свойства молекул воды. Малые органические молекулы живой клетки. Макромолекулы – углеводы, липиды, белки, нуклеиновые кислоты. Метаболические процессы. Ферменты.

4.5. Кинетика и термодинамика биологических процессов. Основные модели в виде дифференциальных и разностных уравнений. Модели в квазиаттракторах.

4.6. Химическая клеточная сигнализация; аналоговый характер. Медиаторные вещества. Рецепторные белки плазматических мембран. Внутриклеточные рецепторы. Взаимодействие лиганд-рецептор; лекарственные и токсические влияния.

4.7. Электрическая клеточная сигнализация; дискретный характер. Биопотенциалы.

4.8. Наследственность и изменчивость на разных уровнях организации живого (молекулярном, клеточном, организменном и популяционном). Мутагенез.

Геномика: компьютерное картирование генов и геномов. Компьютерная протеомика.

Основы генной инженерии.

Селекция микроорганизмов, растений, животных. Основы биотехнологии.

4.9. Индивидуальное развитие организмов. Дифференцировка и специализация клеток. Запрограммированная гибель клеток (апоптоз). Органогенез. Биогенетический закон.

Старение; соотношение роли генетических факторов и условий жизни. Поведение квазиаттракторов при старении.

4.10. Гомеостатические системы животных организмов. Принципы регуляции внутренней среды, адаптации к изменениям внешних условий.

Регуляция метаболизма. Ферментативные реакции. Метаболические пути.

Кислотно-щелочное равновесие. Транспорт газов крови.

Водный и электролитный баланс.

Гемопоз; механизмы регуляции образования эритроцитов.

Свертывание крови. Поддержание жидкого состояния внутренней среды.

Регуляция кровообращения. Гипертензия и гипотензия.

Регуляция дыхания.

Регуляция функций желудочно-кишечного тракта. Жажда, голод.

Терморегуляция.

Приспособление и адаптация к воздействию экологических факторов (высота, давление, температура, газовый состав воздуха, шум, вибрация, ускорение и др.).

Нейроэндокринная регуляторная система. Нейромедиаторы, гормоны.

Иммунная система. Молекулярно-клеточные механизмы иммунитета; иммунное узнавание. Взаимодействие нейроэндокринной и иммунной систем.

Эволюция систем физиологической регуляции. Гомеостаз с позиций детерминизма, стохастики и теории хаоса-самоорганизации.

4.11. Биомеханика. Опорно-двигательный аппарат. Скелетные мышцы; сократительный аппарат и проприорецепторы. Двигательные центры головного и спинного мозга; регуляция позы и движений.

4.12. Нейроинформатика. Фундаментальные аспекты: изучение информационных процессов в нервной системе организмов разного филогенетического уровня; интегративные функции центральной нервной системы и т.д. Технологические аспекты: компьютерные методы проведения и поддержки биологических и медицинских исследований, мультимедиа-системы и т.д.

Когнитивные системы. Нейробиологические основы теории распознавания образов и теории нейросетей (нейрокомпьютинг). Моделирование процессов мышления и человеко-машинного общения.

4.13. Сенсорные системы организмов разных таксономических групп.

Таксисы бактериальных, растительных и животных организмов.

Переработка сенсорной информации на разных уровнях нервной системы. Восприятие ощущений. Аккомодация.

Зрение. Слух. Вестибулярная система. Вкус и обоняние. Температурные (тепловые и холодовые) рецепторы. Механорецепторы кожи. Механорецепторы и хеморецепторы внутренних органов. Болевая чувствительность. Орган боковой линии рыб. Электрорецепторы рыб. Осфрадии моллюсков.

4.14. Биология поведения. Коммуникации организмов. Этология. Психофизиология.

4.15. Сообщества организмов. Экологические системы. Популяции. Биогеоценозы.

Динамика численности сообществ; моделирование. Методы биоконтроля с позиций информатики. Поведение живых организмов в системе конкурирующих видов, в системе “хищник–жертва”.

4.16. Эволюция живой природы как процесс передачи, накопления, хранения информации. Теории видообразования.

4.17. Биосфера. Структура, эволюция, условия устойчивости. Антропогенные воздействия. Биомониторинг и экологический прогноз. Методы анализа и моделирования экологических процессов. Экологические принципы природопользования и охраны природы.

Ноосфера (В.И. Вернадский).

#### **4. Перечень примерных вопросов**

1. История возникновения биоинформатики в ходе развития информационных наук и технологий. Фундаментальные и прикладные аспекты биоинформатики.

2. Классическая теория информации. Теория кодирования.

3. Энтропия как мера неопределенности стационарного случайного процесса. Количество информации и способы его измерения. Теорема Шеннона о пропускной способности канала связи.

4. Теория динамических систем. Синергетика (Г. Накен). Явления самоорганизации. Критика термодинамической трактовки информации (Д.С. Чернавский). Макро- и микроинформация.

5. Теория вероятностей. Случайные величины, их распределение и моменты. Законы больших чисел. Центральная предельная теорема. Понятие случайного процесса.

6. Математическая статистика. Планирование исследований. Типы данных. Статистический анализ данных.

7. Системный анализ и синтез. Основные свойства системы: разнообразие, сложность, связность, устойчивость, управляемость, целостность. Типы систем.

Задачи структурного анализа систем. Структурная сложность систем. Иерархия как способ преодоления сложности.

8. Понятие устойчивости и адаптируемости систем. Новые методы идентификации устойчивости сложных биосистем. Различия в подходах. Неопределенности 1-го и 2-го рода. Методы идентификации хаоса.

9. Моделирование реальных систем, процессов и явлений. Математические модели. Имитационные модели; моделирование по времени и по событиям.. Примеры моделей живых систем.

10. Методы системного синтеза. Три подхода в идентификации параметров порядка в биосистемах.

11. Теория нейросетей. Методы нейрокомпьютинга в биологии и медицине по идентификации признаков.

12. Кодирование и передача информации в ЭВМ. Способы представления чисел и методы преобразования информации. Машинная реализация арифметических операций.

13. Основные функциональные блоки центрального обрабатывающего устройства (процессора) ЭВМ. Назначение и структура арифметико-логического устройства ЭВМ. Принципы работы и состав узлов управления ЭВМ.

14. Запоминающие устройства ЭВМ. Классификация памяти. Постоянная, оперативная, сверхоперативная память. Виды памяти, используемой в устройствах ЭВМ.

15. Проблемы информационного обеспечения биомедицинских исследований – фундаментальных и прикладных. Источники информации. Информационные потребности и информационное поведение специалистов по фундаментальным и прикладным отраслям (биологов, биотехнологов, врачей и др.).

16. Обработка данных. Классы структур данных: иерархические, сетевые и реляционные. Уровни представления данных. Языки описания и манипулирования данными.

17. Информационный поиск. Основные понятия и виды поиска. Информационно-поисковые языки.

18. Биология – интегративная наука, изучающая живые организмы; редукционистский и холистический подходы. Понятия «жизнь, живое» с позиций биологии, кибернетики, философии. Отличительные признаки живого. Характеристики живого как сложной системы.

19. Самоорганизация биологических систем. Живые системы в классификации Г.Р.Иваницкого и В.В. Смолянинова. Жизнь с позиций теории хаоса-самоорганизации.

Понятие «биологическая информация». Принципы восприятия, передачи и обработки информации в организме.

20. Уровни организации и уровни изучения живой материи: макромолекулы, клетки, органы, ткани, организмы, популяции, виды, биогеоценозы, биосфера. Систематика живых организмов. Биологическое разнообразие. Современные биологические дисциплины.

21. Планирование и основные этапы биологического исследования. Статистические методы обработки медико-биологических данных. Пакеты компьютерных программ.

22 Принципы моделирования биологических систем и процессов.

Фрактальный анализ в медико-биологических исследованиях. Методы: минимальной реализации (ММР), теории хаоса-самоорганизации в идентификации главных диагностических признаков.

23. Химические компоненты и молекулярная организация живого. Свойства молекул воды. Малые органические молекулы живой клетки. Макромолекулы – углеводы, липиды, белки, нуклеиновые кислоты.

24. Кинетика и термодинамика биологических процессов. Основные модели в виде дифференциальных и разностных уравнений. Модели в квазиаттракторах.

25. Химическая клеточная сигнализация; аналоговый характер. Медиаторные вещества. Рецепторные белки плазматических мембран. Внутриклеточные рецепторы. Взаимодействие лиганд-рецептор; лекарственные и токсические влияния.

26. Электрическая клеточная сигнализация; дискретный характер. Биопотенциалы.

27. Наследственность и изменчивость на разных уровнях организации живого (молекулярном, клеточном, организменном и популяционном).

28. Индивидуальное развитие организмов. Дифференцировка и специализация клеток. Запрограммированная гибель клеток (апоптоз). Органогенез. Биогенетический закон.

29. Старение; соотношение роли генетических факторов и условий жизни. Поведение квазиаттракторов при старении.

30. Гомеостатические системы животных организмов. Принципы регуляции внутренней среды, адаптации к изменениям внешних условий.

31. Приспособление и адаптация к воздействию экологических факторов (высота, давление, температура, газовый состав воздуха, шум, вибрация, ускорение и др.).

33. Эволюция систем физиологической регуляции. Гомеостаз с позиций детерминизма, стохастики и теории хаоса-самоорганизации.

34. Биомеханика. Опорно-двигательный аппарат. Скелетные мышцы; сократительный аппарат и проприорецепторы. Двигательные центры головного и спинного мозга; регуляция позы и движений.

35. Нейроинформатика. Когнитивные системы. Нейробиологические основы теории распознавания образов и теории нейросетей (нейрокомпьютинг). Моделирование процессов мышления и человеко-машинного общения.

36. Сенсорные системы организмов разных таксономических групп.

37. Биология поведения. Коммуникации организмов. Этология. Психофизиология.

38. Сообщества организмов. Экологические системы. Популяции. Биогеоценозы.

Динамика численности сообществ; моделирование. Методы биоконтроля с позиций информатики. Поведение живых организмов в системе конкурирующих видов, в системе “хищник–жертва”.

39. Эволюция живой природы как процесс передачи, накопления, хранения информации.

40. Биосфера. Структура, эволюция, условия устойчивости. Антропогенные воздействия. Биомониторинг и экологический прогноз. Методы анализа и моделирования экологических процессов. Ноосфера (В.И. Вернадский).