

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное учреждение  
«Национальный медицинский исследовательский центр имени В.А. Алмазова»  
Министерства здравоохранения Российской Федерации  
(ФГБУ «НМИЦ им. В.А. Алмазова» Минздрава России)

ИНСТИТУТ МЕДИЦИНСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ

УТВЕРЖДАЮ  
Директор  
Института медицинского образования  
ФГБУ «НМИЦ им. В.А. Алмазова»  
Минздрава России  
Е.В. Пармон  
«25» января 2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

|            |   |
|------------|---|
| Дисциплина | <b>ЭЛЕКТРОФИЗИОЛОГИЯ КЛЕТКИ: ОТ ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ<br/>БИОЛОГИИ К ДИАГНОЗУ</b><br>(наименование дисциплины)  |
| Профиль    | <b>магистратура по направлению подготовки 06.04.01 Биология</b><br>(код специальности и наименование)<br><b>Клеточная и молекулярная биология</b> |
| Факультет  | <b>лечебный</b><br>(наименование факультета)  |
| Кафедра    | <b>биологии</b><br>(наименование кафедры)   |

|  |                      |
|--|----------------------|
| Форма обучения                         | очная                |
| Курс                                   | 1                    |
| Семестр                                | 1                    |
| Занятия лекционного типа               | 8 час.               |
| Занятия семинарского типа              | 24 час.              |
| В том числе:                           |                      |
| Семинары (С)                           | 8 час.               |
| Практическое занятие (ПЗ)              | 12 час.              |
| Лабораторный практикум (ЛП)            | 4 час.               |
| Всего аудиторной работы                | 32 час.              |
| Самостоятельная работа (внеаудиторная) | 40 час.              |
| Форма промежуточной аттестации         | зачет                |
| Общая трудоемкость дисциплины          | 72/2 (час./зач. ед.) |

Санкт-Петербург  
2022

Рабочая программа дисциплины «Электрофизиология клетки: от фундаментальной биологии к диагнозу» составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования – магистратура по направлению подготовки 06.04.01 Биология, утвержденным приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации «11» августа 2020 г. № 934 и учебным планом.

#### СОСТАВИТЕЛИ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

| № п/п | Фамилия, имя, отчество       | Ученая степень, звание | Занимаемая должность   | Место работы                                   |
|-------|------------------------------|------------------------|--|--|
| 1.    | Карпушев Алексей Валерьевич  | к.б.н.                 | Старший научный сотрудник группы клеточной биологии Института молекулярной биологии и генетики | ФГБУ «НМИЦ им. В.А. Алмазова» Минздрава России |
| 2.    | Костарева Анна Александровна | к.м.н.                 | Директор Института молекулярной биологии и генетики  | ФГБУ «НМИЦ им. В.А. Алмазова» Минздрава России |

#### ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа дисциплины «Электрофизиология клетки: от фундаментальной биологии к диагнозу» обсуждена на заседании кафедры биологии.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании Учебно-методического совета Института медицинского образования ФГБУ «НМИЦ им. В.А. Алмазова» Минздрава России «25» января 2022 г., протокол № 1/2022.

## **1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Цель дисциплины:** ознакомить обучающихся со структурно-функциональной организацией ионных каналов возбудимых клеток, а также их патогенетической роли в развитии различных заболеваний и патологических процессов.

**Задачи дисциплины:** овладеть знаниями о разнообразии, строении и физиологической роли ионных каналов и методах их исследования; знаниями о патофизиологических механизмах, приводящих к нарушению работы ионных каналов.

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Дисциплина «Электрофизиология клетки: от фундаментальной биологии к диагнозу» относится к Блоку 1 учебного плана.

### **Междисциплинарные и внутродисциплинарные связи:**

Для изучения данной учебной дисциплины необходимы знания, умения и навыки, формируемые предшествующими дисциплинами: в частности, математики, биологии, химии, физики.

### 3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ:

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся следующих универсальных (УК), общепрофессиональных (ОПК) и профессиональных (ПК) компетенций:

| Компетенция   | Индикатор   | Показатели достижения освоения компетенции  | Оценочные средства  |
|---|---|---|---|
| УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий   | УК-1.1 Анализирует проблемную ситуацию на основе системного подхода, выявляя ее составляющие и связи между ними   | Знает: современную научную литературу по проблемам биофизики ионных каналов и структурно-функциональном многообразии ионных каналов                             | Для текущего контроля:<br>- КВ<br>Для промежуточной аттестации:<br>- КВ     |
|   |   | Умеет: анализировать проблемные ситуации по проблемам биофизики ионных каналов и структурно-функциональном многообразии ионных каналов                          | Для текущего контроля:<br>- КВ<br>Для промежуточной аттестации:<br>- КВ     |
| ОПК-2 Способен творчески использовать в профессиональной деятельности знания фундаментальных и прикладных разделов дисциплин (модулей), определяющих направленность программ магистратуры | ОПК-2.1 Применяет фундаментальные и прикладные знания в сфере профессиональной деятельности для постановки и решения новых задач                          | Знает: теоретические основы электрогенеза на клеточной мембране, структурно-функциональные основы биофизики ионных каналов, строение, принципы работы           | Для текущего контроля:<br>- КВ, АУ<br>Для промежуточной аттестации:<br>- КВ |
|   |   | Умеет: использовать методы электрофизиологических исследований  | Для текущего контроля:<br>- КВ, АУ<br>Для промежуточной аттестации:<br>- КВ |
|   | ОПК-2.3 Способен формулировать заключения и выводы по результатам анализа литературных данных и расчетно-теоретических работ в избранной области биологии | Знает: теоретические основы регуляции потенциал-зависимых и лиганд-зависимых каналов, различные типы каналопатий, связанных с нарушениями работы ионных каналов | Для текущего контроля:<br>- КВ<br>Для промежуточной аттестации:<br>- КВ     |
|   |   | Умеет: формулировать выводы по результатам анализа электрофизиологических экспериментальных данных  | Для текущего контроля:<br>- КВ<br>Для промежуточной аттестации:<br>- КВ     |
| ПК-6 Способен выбирать адекватные методы решения и осуществлять исследования с использованием современных технологических решений   | ПК-6.1 Выбирает лабораторный метод в соответствии с целью и задачами исследования   | Знает: биофизические, молекулярно-биологические методы исследования ионных каналов  | Для текущего контроля:<br>- КВ, АУ<br>Для промежуточной аттестации:<br>- КВ |
|   |   | Умеет: выбирать биофизические, молекулярно-биологические методы исследования ионных каналов в соответствии с целями и задачами исследования                     | Для текущего контроля:<br>- КВ, АУ<br>Для промежуточной аттестации:<br>- КВ |

|  |   |  |   |
|--|---|--|---|
|  | ПК-6.2 Способен выполнять лабораторные исследования с использованием современной аппаратуры | Знает: методы электрофизиологических исследований    | Для текущего контроля:<br>- КВ, АУ<br>Для промежуточной аттестации:<br>- КВ |
|  |   | Умеет: выполнять расчеты биофизических характеристик | Для текущего контроля:<br>- КВ, АУ<br>Для промежуточной аттестации:<br>- КВ |

*КВ — контрольные вопросы, АУ — алгоритмы умений*

#### 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ, СТРУКТУРИРОВАННОЕ ПО ТЕМАМ (РАЗДЕЛАМ) С УКАЗАНИЕМ ОТВЕДЕННОГО НА НИХ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ЧАСОВ И ВИДОВ ЗАНЯТИЙ

##### 4.1 Объем дисциплины в академических часах, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем и на самостоятельную внеаудиторную работу обучающихся

| Вид учебной работы   | Трудоемкость                     | Семестры        |
|--|----------------------------------|-----------------|
|  | объем в академических часах (АЧ) | 1               |
| <b>Аудиторные занятия (всего)</b>  | <b>32</b>                        | <b>32</b>       |
| В том числе:   |                                  |                 |
| Занятия лекционного типа   | 8                                | 8               |
| Занятия семинарского типа  | 24                               | 24              |
| Из них:  |                                  |                 |
| Семинары (С)   | 8                                | 8               |
| Практическое занятие (ПЗ)  | 12                               | 12              |
| Лабораторный практикум (ЛП)  | 4                                | 4               |
| <b>Самостоятельная внеаудиторная работа (всего)</b>  | <b>40</b>                        | <b>40</b>       |
| В том числе:   |                                  |                 |
| Подготовка к аудиторным занятиям (проработка учебного материала по конспектам лекций и учебной литературе) | 10                               | 10              |
| Работа с научной литературой   | 10                               | 10              |
| Работа с вопросами для текущего контроля   | 10                               | 10              |
| Подготовка к промежуточной аттестации  | 10                               | 10              |
| Из них на практическую подготовку *  | 39                               | 39              |
| <b>Промежуточная аттестация</b>  |                                  | <b>зачет</b>    |
| <b>Общая трудоемкость</b>  | <b>Часы 72<br/>зач.ед 2</b>      | <b>72<br/>2</b> |

\***Практическая подготовка (ПП)** - форма организации образовательной деятельности при освоении образовательной программы в условиях выполнения обучающимися определенных видов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью и направленных на формирование, закрепление, развитие практических навыков и компетенций по профилю соответствующей образовательной программы

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

| Наименование темы (раздела)                                     | Контактная работа, академ. ч |                      |          |          | Самостоятельная внеаудиторная работа | Всего     |
|---|------------------------------|----------------------|----------|----------|--------------------------------------|-----------|
|   | Лекции                       | Практические занятия |          |          |                                      |           |
|   |                              | ПЗ                   | С        | ЛП       |                                      |           |
| Раздел 1. Общие принципы биофизики ионных каналов               | 4                            | 4                    | -        | 4        | 16                                   | 28        |
| Раздел 2. Структурно-функциональное многообразие ионных каналов | 4                            | 8                    | 8        | -        | 24                                   | 44        |
| <b>ИТОГО</b>  | <b>8</b>                     | <b>12</b>            | <b>8</b> | <b>4</b> | <b>40</b>                            | <b>72</b> |

ПЗ - практическое занятие, С - семинар, ЛП - лабораторный практикум, СР - самостоятельная внеаудиторная работа.

\***Практическая подготовка (ПП)** - форма организации образовательной деятельности при освоении образовательной программы в условиях выполнения обучающимися определенных видов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью и направленных на формирование, закрепление, развитие практических навыков и компетенций по профилю соответствующей образовательной программы.

Образовательная деятельность в форме практической подготовки, предусматривающая участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью, организована в соответствии с разработанным учебным планом и достигает 80% от общей трудоёмкости дисциплины для занятий семинарского типа и 50% от занятий самостоятельной работы.

#### 4.3 Тематический план занятий лекционного типа дисциплины – 8 часов

| № темы   | Наименование темы лекционного занятия                               | Часы | Содержание темы  | Индикаторы формируемых компетенций | Демонстрационное оборудование и учебно-наглядные пособия |
|--|---|------|--|------------------------------------|--|
| <b>Раздел 1. Общие принципы биофизики ионных каналов</b>               |   |      |  |                                    |  |
| 1  | Электрические свойства мембраны. Методы исследования ионных каналов | 2    | Ионный состав клетки. Потенциал покоя. Электрохимический градиент и Уравнение Нернста. Уравнение Голдмана. Модель Ходжкина-Хаксли. Электрофизиологические методы   | УК-1.1, ОПК-2.1, ПК-6.1            | Мультимедийная аппаратура, презентация                   |
| 2  | Структура и функциональные свойства ионных каналов                  | 2    | Классификация ионных каналов. Молекулярная топология. Селективный фильтр. Способы активации. Открытое и закрытое состояние. Проводимость и проницаемость. Движение ионов через открытый канал. Движущие силы. Потенциал равновесия                       | УК-1.1, ОПК-2.1                    | Мультимедийная аппаратура, презентация                   |
| <b>Раздел 2. Структурно-функциональное многообразие ионных каналов</b> |   |      |  |                                    |  |
| 3  | Потенциал-зависимые каналы<br>Лиганд-зависимые каналы               | 2    | Семейства натриевых, калиевых, кальциевых, хлорных каналов. Молекулярная структура и физиологическая роль. Никотиновый ацетилхолиновый рецептор. Каналы глутаматных рецепторов НМДА и АМПА. Каналы пуриновых рецепторов. Каналы серотониновых рецепторов | УК-1.1, ОПК-2.1                    | Мультимедийная аппаратура, презентация                   |
| 4  | Рецепторы, сопряжённые с G-белком. Нарушения работы ионных каналов  | 2    | ГАМКВ-рецептор. Механизм связывания с лигандом. Функция и локализация. Агонисты, антагонисты и модуляторы. Каналопатии. LQT-синдром. Синдром Бругада   | УК-1.1, ОПК-2.1                    | Мультимедийная аппаратура, презентация                   |

#### 4.4 Тематический план занятий семинарского типа - всего 24 часа

Семинары — 8 часов

Практические занятия — 12 часов

Лабораторный практикум — 4 часа

| № темы   | Форма проведения практического занятия | Наименование темы практического занятия        | Часы, в том числе на ПП* | Содержание темы практического занятия  | Индикаторы формируемых компетенций | Формы и методы текущего контроля |
|--|--|--|--------------------------|--|------------------------------------|----------------------------------|
| <b>Раздел 1. Общие принципы биофизики ионных каналов</b> |  |  |                          |  |                                    |                                  |
| 1  | Практическое занятие                   | Мембранный потенциал покоя. Потенциал действия | 4 из них на ПП 80%       | Ионный состав клетки. Эквивалентная электрическая схема мембраны. Типы транспорта веществ через мембрану. Ионные механизмы возникновения мембранного потенциала покоя. Роль $Na^+K^+$ -насоса в мембране при создании мембранного потенциала покоя. Кинетика ионных токов при формировании потенциала действия. Деполяризация, реполяризация, следовые потенциалы. Регистрация натриевых и | УК-1.1, ОПК-2.1, ОПК-2.3           | КВ                               |

|  |                        |   |                                |  |  |        |
|--|------------------------|---|--------------------------------|--|--|--------|
|  |                        |   |                                | калиевых ионных токов в гигантском аксоне кальмара. Проведение потенциала действия   |  |        |
| 2  | Лабораторный практикум | Ионные каналы и ПД сердца. Метод локальной фиксации потенциала                                      | 4 из них на ПП 80%             | Ионные токи, лежащие в основе генерации пейсмекерных потенциалов. Потенциал действия клеток предсердий и желудочков. Рефрактерность. Экстрасистола. Токи одиночных каналов. Интегральные токи целой клетки. Анализ записей ионных токов. Метод фиксации тока, запись потенциала. Внеклеточные и пипеточные буферные растворы. Электро-физиологическое оборудование   | УК-1.1, ОПК-2.1, ОПК-2.3, ПК-6.1, ПК-6.2 | КВ, АУ |
| <b>Раздел 2. Структурно-функциональное многообразие ионных каналов</b> |                        |   |                                |  |  |        |
| 3  | Практическое занятие   | Потенциал-зависимый натриевый канал. Биофизические параметры потенциал-зависимого натриевого канала | 4 из них на ПП 80%             | Семейство натриевых каналов. Структура субъединиц натриевых каналов. Роль в формировании потенциала действия. Регуляция активности сигнальными каскадами и взаимодействующими белками. Экспрессия и транспортировка. Фармакология натриевых каналов. Вольтамперная характеристика ионного тока. Плотность тока. Потенциал реверсии. Электрическая проводимость. Стационарная активация. Стационарная инактивация, быстрая и медленная. Развитие инактивации и выход из инактивированного состояния | УК-1.1, ОПК-2.1, ОПК-2.3, ПК-6.1, ПК-6.2 | КВ, АУ |
| 4  | Практическое занятие   | Эпителиальный натриевый канал. Кальциевые каналы  | 2 из них на ПП 80%             | Структура и функции эпителиального натриевого канала. Местонахождения и регуляция активности. Нарушения работы канала. Синдром Лиддла. Псевдогипоальдостеронизм. Потенциалуправляемые кальциевые каналы плазматической мембраны. Лигандуправляемые кальциевые каналы. Риаодиновый рецептор. Рецептор инозитолтрифосфата  | УК-1.1, ОПК-2.1, ПК-6.1                  | КВ     |
| 5  | Семинар                | Разнообразие калиевых каналов. Хлорные каналы   | 8 из них на ПП 80%             | Роль в формировании мембранного потенциала и потенциала действия. Потенциал-зависимые калиевые каналы. Калиевые каналы входящего выпрямления. Калиевые каналы задержанного выпрямления. Кальций-активируемые калиевые каналы. Калиевые каналы аномального выпрямления. Двупоровые калиевые каналы. Потенциал-активируемые хлорные каналы. Лиганд-активируемые хлорные каналы. ГАМК-активируемые хлорные каналы. Глицин-активируемые хлорные каналы. Кальций-активируемые хлорных каналы            | УК-1.1, ОПК-2.1, ОПК-2.3, ПК-6.1         | КВ     |
| 6  | Практическое занятие   | Лиганд-зависимые каналы. Сердечные каналопатии  | 2 из них на ПП 80%             | Никотиновый ацетилхолиновый рецептор. Серотониновый рецептор. Ионотропный рецептор глутамата. Каналы, регулируемые циклическими нуклеотидами. Наследственный LQT-синдром. Синдром Бругада. Периодический паралич   | УК-1.1, ОПК-2.1, ОПК-2.3, ПК-6.1         | КВ     |
| Итого  |                        |   | 24 часа из них на ПП- 19 часов |  |  |        |

КВ — контрольные вопросы, АУ — алгоритмы умений

\***Практическая подготовка (ПП)** - форма организации образовательной деятельности при освоении образовательной программы в условиях выполнения обучающимися определенных видов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью и направленных на формирование, закрепление, развитие практических навыков и компетенций по профилю соответствующей образовательной программы



## 4.5 Внеаудиторная самостоятельная работа

| Вид самостоятельной работы   | Часы, в том числе на ПП*        | Индикаторы формируемых компетенций         |
|--|---------------------------------|--|
| Подготовка к аудиторным занятиям (проработка учебного материала по конспектам лекций и учебной литературе) | 10 из них на ПП- 50%            | УК-1.1, ОПК-2.1, ОПК-2.3<br>ПК-6.1, ПК-6.2 |
| Работа с научной литературой   | 10 из них на ПП- 50%            | УК-1.1, ОПК-2.1, ОПК-2.3<br>ПК-6.1, ПК-6.2 |
| Работа с вопросами для текущего контроля   | 10 из них на ПП- 50%            | УК-1.1, ОПК-2.1, ОПК-2.3<br>ПК-6.1, ПК-6.2 |
| Подготовка к промежуточной аттестации  | 10 из них на ПП- 50%            | УК-1.1, ОПК-2.1, ОПК-2.3<br>ПК-6.1, ПК-6.2 |
| Итого  | 40 часов из них на ПП- 20 часов |  |

\***Практическая подготовка (ПП)** - форма организации образовательной деятельности при освоении образовательной программы в условиях выполнения обучающимися определенных видов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью и направленных на формирование, закрепление, развитие практических навыков и компетенций по профилю соответствующей образовательной программы

### 4.5.1 Самостоятельная проработка некоторых тем – не предусмотрена

## 5. ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

### 5.1 Виды оценочных средств, используемых при текущем контроле и промежуточной аттестации

| Формы контроля                                 | Название раздела дисциплины                                     | Общее количество оценочных средств |    |
|--|---|------------------------------------|----|
|  |   | КВ                                 | АУ |
| Текущий контроль                               | Раздел 1. Общие принципы биофизики ионных каналов               | 20                                 | 4  |
|  | Раздел 2. Структурно-функциональное многообразие ионных каналов | 20                                 | 4  |
| Промежуточная аттестация по дисциплине (зачет) |   | 50                                 | -  |

КВ – контрольные вопросы, АУ – алгоритмы умений

### 5.2 Организация текущего контроля знаний

| № п/п | Наименование темы (раздела) дисциплины                          | Код контролируемой компетенции (или ее индикатора) | Наименование оценочного средства |
|-------|---|--|----------------------------------|
| 1     | Раздел 1. Общие принципы биофизики ионных каналов               | УК-1.1, ОПК-2.1, ОПК-2.3, ПК-6.1, ПК-6.2           | КВ, АУ                           |
| 2     | Раздел 2. Структурно-функциональное многообразие ионных каналов | УК-1.1, ОПК-2.1, ОПК-2.3, ПК-6.1, ПК-6.2           | КВ, АУ                           |

КВ – контрольные вопросы, АУ – алгоритмы умений

### 5.3 Организация контроля самостоятельной работы

| № п/п | Вид работы   | Код контролируемой компетенции (или ее индикатора) | Наименование оценочного средства |
|-------|--|--|----------------------------------|
| 1     | Подготовка к аудиторным занятиям (проработка учебного материала по конспектам лекций и учебной литературе) | УК-1.1, ОПК-2.1, ОПК-2.3, ПК-6.1, ПК-6.2           | КВ                               |
| 2     | Работа с научной литературой   | УК-1.1, ОПК-2.1, ОПК-2.3, ПК-6.1, ПК-6.2           | КВ                               |

|   |  |  |    |
|---|--|--|----|
| 3 | Работа с вопросами для текущего контроля | УК-1.1, ОПК-2.1, ОПК-2.3, ПК-6.1, ПК-6.2 | КВ |
| 4 | Подготовка к промежуточной аттестации    | УК-1.1, ОПК-2.1, ОПК-2.3, ПК-6.1, ПК-6.2 | КВ |

КВ – контрольные вопросы

## 5.4 Организация промежуточной аттестации

### Форма промежуточной аттестации по дисциплине – зачет

#### Этапы проведения промежуточной аттестации:

| Этапы | Вид задания   | Оценочные материалы | Индикаторы проверяемых компетенций       |
|-------|---------------|---------------------|--|
| 1     | собеседование | КВ                  | УК-1.1, ОПК-2.1, ОПК-2.3, ПК-6.1, ПК-6.2 |

КВ – контрольные вопросы

Собеседование проводится по билетам, каждый билет содержит 2 контрольных вопроса. Время на подготовку 30 мин

#### Типовые оценочные средства:

Примеры *типовых контрольных вопросов* для проверки формирования индикаторов компетенций УК-1.1:

- Типы транспортных мембранных белков.
- Ионные механизмы каналопатий.

ОПК-2.1:

- Общие принципы функционирования и строения ионных каналов.
- Структура и функция нуклеотид-зависимых гиперполяризационно-активируемых каналов.

ОПК-2.3:

- Мессенджер-зависимая регуляция ионных каналов.
- Структура и функция внутриклеточных кальциевых каналов.

ПК-6.1:

- Ионные токи потенциала действия.
- Структура и функция потенциал-зависимого натриевого канала.

ПК-6.2:

- Характеристика пейсмекерных потенциалов.
- Структура и функция потенциал-зависимых кальциевых каналов.

Примеры *алгоритма умений* для проверки формирования индикаторов компетенций

ОПК-2.1, ПК-6.1, ПК-6.2:

- Обучающийся демонстрирует навыки работы на электрофизиологическом оборудовании
- Обучающийся демонстрирует навыки владения алгоритмами расчетов биофизических характеристик
- Обучающийся демонстрирует навыки работы с электрофизиологическими экспериментальными данными.

**Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине** (приложение 1 к рабочей программе).

## **6. ХАРАКТЕРИСТИКА ИНФОРМАЦИОННО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ**

В ИМО создана и функционирует электронная информационно-образовательная среда (далее - ЭИОС), включающая в себя электронные информационные ресурсы, электронные образовательные ресурсы. ЭИОС обеспечивает освоение обучающимися образовательных программ в полном объеме независимо от места нахождения обучающихся. Электронные библиотеки обеспечивают доступ к профессиональным базам данных, справочным и поисковым системам, а также иным информационным ресурсам.

### **6.1 Программное обеспечение, профессиональные базы данных, информационные справочные системы, ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимые для освоения дисциплины**

#### **1. Программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине:**

Операционная система семейства Windows

Пакет OpenOffice

Пакет LibreOffice

Microsoft Office Standard 2016

NETOP Vision Classroom Management Software

Образовательный портал ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова» Минздрава России

<http://moodle.almazovcentre.ru/>

САБ «Ирбис 64» - система автоматизации библиотек. Электронный каталог АРМ «Читатель» и Web-Ирбис

#### **6.2. Профессиональные базы данных, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине:**

Электронная библиотечная система «Медицинская библиотека «MEDLIB.RU» ([www.medlib.ru](http://www.medlib.ru))

Электронная медицинская библиотека «Консультант врача» ([www.rosmedlib.ru](http://www.rosmedlib.ru))

ЭБС «Букап» (<https://www.books-up.ru/>)

ЭБС «Юрайт» (<https://urait.ru/>)

Электронная библиотека Профи-Либ «Медицинская литература издательства "Спецлит"» (<https://speclit.profy-lib.ru/>)

Всемирная база данных статей в медицинских журналах PubMed

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>

Научная электронная библиотека <http://elibrary.ru/>

#### **6.3. Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимые для освоения дисциплины:**

Поисковые системы Yandex (<http://www.yandex.ru/>)

Мультимедийный словарь перевода слов онлайн Мультитран (<http://www.multitrans.ru/>)

Университетская информационная система РОССИЯ (<https://uisrussia.msu.ru/>)

Публикации ВОЗ на русском языке (<https://www.who.int/ru/publications/i>)

Международные руководства по медицине (<https://www.guidelines.gov/>)

Федеральная электронная медицинская библиотека (ФЭМБ) (<http://www.femb.ru>)

Боль и ее лечение ([www.painstudy.ru](http://www.painstudy.ru))

US National Library of Medicine National Institutes of Health ([www.pubmed.com](http://www.pubmed.com))

Русский медицинский журнал ([www.rmj.ru](http://www.rmj.ru))

Министерство здравоохранения Российской Федерации ([www.rosminzdrav.ru](http://www.rosminzdrav.ru))

КиберЛенинка — это научная электронная библиотека (<https://cyberleninka.ru>)

**Российская государственная библиотека ([www.rsl.ru](http://www.rsl.ru))**

#### **6.4 Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины:**

##### **Основная литература:**

1. Цитология и общая гистология: атлас / В. В. Банин, А. В. Павлов, А. Н. Яцковский. - Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2021. - Текст: электронный // URL: <https://www.rosmedlib.ru/book/06-COS-2411.html>
2. Биология. Т. 1.: учебник: в 2 т. / под ред. В. Н. Ярыгина. - Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2023. - Текст: электронный // URL: <https://www.rosmedlib.ru/book/ISBN9785970474945.html>
3. Биология. Т. 2.: учебник: в 2 т. / под ред. В. Н. Ярыгина. - Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2023. - Текст: электронный // URL: <https://www.rosmedlib.ru/book/ISBN9785970474952.html>
4. Молекулярная биология: стресс-реакции клетки / Е. Н. Прошкина, И. Н. Юранева, А. А. Москалев. - Москва: Издательство Юрайт, 2022. - Текст: электронный // URL: <https://urait.ru/bcode/493641>
5. Биофизика: взаимодействие клетки и поля: Учебник / Под ред. профессора И.В. Огневой. - Москва: ООО «Издательство «Медицинское информационное агентство», 2022. - Текст: электронный // URL: <https://www.medlib.ru/library/library/books/44161>
6. Основы биохимии Ленинджера. В 3 т. Т. 1. Основы биохимии, строение и катализ / Д. Нельсон, М. Кокс; пер. с англ. - 4-е изд. - Москва: Лаборатория знаний, 2020. - Текст: электронный // URL: <https://www.rosmedlib.ru/book/ISBN9785001018643.html>
7. Основы биохимии Ленинджера. В 3 т. Т. 2. Биоэнергетика и метаболизм / Д. Нельсон, М. Кокс; пер. с англ. - 4-е изд. - Москва: Лаборатория знаний, 2020. - Текст: электронный // URL: <https://www.rosmedlib.ru/book/ISBN9785001018650.html>
8. Основы биохимии Ленинджера. В 3 т. Т. 3. Пути передачи информации / Д. Нельсон, М. Кокс; пер. с англ. - 4-е изд. - Москва: Лаборатория знаний, 2020. - Текст: электронный // URL: <https://www.rosmedlib.ru/book/ISBN9785001018667.html>
9. Биофизические основы живых систем: учебное пособие для вузов / В. Н. Каданцев. - Москва: Издательство Юрайт, 2023. - Текст: электронный // URL: <https://urait.ru/bcode/520194>

##### **Дополнительная литература:**

1. Клетки по Льюину / Л. Кассимерис [и др.] - Москва: Лаборатория знаний, 2018. - Текст: электронный // URL: <https://www.rosmedlib.ru/book/ISBN9785001015871.html>
2. Гены по Льюину / Дж. Кребс, Э. Голдштейн, С. Килпатрик - Москва: Лаборатория знаний, 2017. - Текст: электронный // URL: <https://www.rosmedlib.ru/book/ISBN9785001015826.html>
3. Цитология. Функциональная ультраструктура клетки. Атлас / Банин В. В. - Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2016. - Текст: электронный // URL: <https://www.rosmedlib.ru/book/ISBN9785970438916.html>
4. Биология: учебник / И. И. Козлова, И. Н. Волков, А. Г. Мустафин. - Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2018. - Текст: электронный // URL: <https://www.rosmedlib.ru/book/ISBN9785970446560.html>
5. Медицинская биология и общая генетика: учебник / Р. Г. Заяц, В. Э. Бутвиловский, В. В. Давыдов, И. В. Рачковская - Минск: Выш. шк., 2017. - Текст: электронный // URL: <https://www.rosmedlib.ru/book/ISBN9789850628862.html>
6. Биофизика: учебник для вузов / Под ред. В. Г. Артюхова - Москва: Академический Проект, 2020. - Текст: электронный // URL: <https://www.rosmedlib.ru/book/ISBN9785829130275.html>

7. Краткий курс цитологии (клеточной биологии): Учебное пособие / Л.Г. Гарстукова, С.Л. Кузнецов. - Москва: ООО «Издательство «Медицинское информационное агентство», 2019. - Текст: электронный // URL: <https://www.medlib.ru/library/library/books/32246>

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

Для осуществления образовательного процесса по дисциплине «Электрофизиология клетки: от фундаментальной биологии к диагнозу» программы высшего образования – магистратура по направлению подготовки 06.04.01 Биология Центр Алмазова располагает материально-технической базой, соответствующей действующим противопожарным правилам и нормам и обеспечивающей проведение всех видов дисциплинарной и междисциплинарной подготовки, практической и научно-исследовательской работ обучающихся, предусмотренных учебной дисциплиной.

Для проведения занятий по дисциплине «Электрофизиология клетки: от фундаментальной биологии к диагнозу» специальные помещения имеют материально-техническое и учебно-методическое обеспечение:

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа – укомплектована специализированной (учебной) мебелью, набором демонстрационного оборудования и учебно-наглядными пособиями, обеспечивающими тематические иллюстрации, соответствующие рабочим учебным программам дисциплин (модулей).

Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа (практические занятия и все формы его проведения) - укомплектована специализированной (учебной) мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации.

Лаборатория – оснащенная лабораторным оборудованием, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации.

Учебная аудитория для групповых и индивидуальных консультаций - укомплектована специализированной (учебной) мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации.

Учебная аудитория для текущего контроля и промежуточной аттестации - укомплектована специализированной (учебной) мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации.

Помещение для самостоятельной работы – укомплектовано специализированной (учебной) мебелью, оснащено компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечено доступом в электронную информационно-образовательную среду организации.

## **8. КАДРОВОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Состав и квалификация научно-педагогических работников, обеспечивающих осуществление образовательного процесса по дисциплине «Электрофизиология клетки: от фундаментальной биологии к диагнозу», соответствует требованиям ФГОС ВО - магистратура по направлению подготовки 06.04.01 Биология.

## **9. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ**

Освоение дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья при необходимости осуществляется кафедрой на основе адаптированной рабочей программы с использованием специальных методов обучения и дидактических материалов, составленных с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся (обучающегося).

В целях освоения учебной программы дисциплины «Электрофизиология клетки: от фундаментальной биологии к диагнозу» инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья кафедра обеспечивает:

1. для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по зрению:
  - размещение в местах доступных для обучающихся, являющихся слепыми или слабовидящими, в адаптированной форме справочной информации о расписании учебных занятий;
  - присутствие ассистента, оказывающего обучающемуся необходимую помощь;
  - выпуск альтернативных форматов методических материалов (крупный шрифт или аудиофайлы);
2. для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по слуху:
  - надлежащими звуковыми средствами воспроизведение информации;
3. для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата:
  - возможность беспрепятственного доступа обучающихся в учебные помещения, туалетные комнаты и другие помещения кафедры, а также пребывание в указанных помещениях.

Образование обучающихся с ограниченными возможностями здоровья может быть организовано как совместно с другими обучающимися, так и в отдельных группах или в отдельных организациях.

При освоении программы дисциплины обучающимся с ограниченными возможностями здоровья предоставляются бесплатно специальные учебники и учебные пособия, иная учебная литература и специальные технические средств обучения коллективного и индивидуального пользования, а также услуги сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков.

**ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА  
К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ПО ДИСЦИПЛИНЕ  
«ЭЛЕКТРОФИЗИОЛОГИЯ КЛЕТКИ:  
ОТ ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ БИОЛОГИИ К ДИАГНОЗУ»**  
(наименование дисциплины)

**Магистратура по направлению подготовки 06.04.01 Биология**

**Профиль: Клеточная и молекулярная биология**

Квалификация (степень) выпускника: Магистр

Форма обучения: очная

**Срок освоения ОПОП ВО: 2 года**

*(нормативный срок обучения)*

Санкт-Петербург  
2022

## ПАСПОРТ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

**по дисциплине «ЭЛЕКТРОФИЗИОЛОГИЯ КЛЕТКИ:  
ОТ ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ БИОЛОГИИ К ДИАГНОЗУ»**

**В результате освоения дисциплины обучающийся должен обладать следующими компетенциями: УК-1, ОПК-2, ПК-6.**

**Описание показателей и критериев оценивания компетенций в процессе изучения дисциплины**

| Компетенция   | Индикатор   | Показатели достижения заданного уровня освоения компетенции и критерии оценивания результатов обучения                           |   |  | Оценочные средства   |
|---|---|--|---|--|--|
|   |   | Начальный<br>«Удовлетворительно»   | Базовый<br>«Хорошо»   | Продвинутый<br>«Отлично»   |  |
| УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, выработать стратегию действий   | УК-1.1<br>Анализирует проблемную ситуацию на основе системного подхода, выявляя ее составляющие и связи между ними                  | Знает:<br>теоретические основы биологии ионных каналов   | Знает:<br>отечественную и зарубежную научную литературу по биологии ионных каналов  | Знает:<br>современное состояние науки в области биологии ионных каналов  | Для текущего контроля: КВ<br>Для промежуточной аттестации: КВ                  |
|   |   | Умеет:<br>извлекать информацию из учебной и научной литературы и формулировать научные идеи                                      | Умеет: извлекать и анализировать информацию из учебной и научной литературы; пользоваться некоторыми интернет ресурсами и выбирать методы решения научных задач | Умеет: формулировать научные идеи, предлагать пути и методы реализации этих идей с привлечением философских и мировоззренческих знаний | Для текущего контроля: КВ<br>Для промежуточной аттестации: КВ                  |
| ОПК-2 Способен творчески использовать в профессиональной деятельности знания фундаментальных и прикладных разделов дисциплин (модулей), определяющих направленность программ магистратуры | ОПК-2.1<br>Применяет фундаментальные и прикладные знания в сфере профессиональной деятельности для постановки и решения новых задач | Знает:<br>основы использования современных электрофизиологических методов  | Знает: некоторые современные электрофизиологические методы  | Знает:<br>подходы и технические требования современных электрофизиологических методов  | Для текущего контроля: КВ АУ раздела 1 (2)<br>Для промежуточной аттестации: КВ |
|   |   | Умеет:<br>применять теоретические фундаментальные знания при выборе электрофизиологического метода для решения конкретной задачи | Умеет: находить оптимальный подход или метод решения поставленной задачи  | Умеет: применять комплексно различные подходы и методы для решения конкретной задачи   | Для текущего контроля: КВ АУ раздела 1 (2)<br>Для промежуточной аттестации: КВ |
|   | ОПК-2.3<br>Способен формулировать заключения и выводы по  | Знает:<br>основные приемы и методы формулирования заключений и   | Знает: основные приемы и методы формулирования заключений и выводов по  | Знает:<br>основные приемы и методы логически   | Для текущего контроля: КВ<br>Для промежуточной аттестации: КВ                  |



|   |   |   |   |  |   |
|---|---|---|---|--|---|
|   | результатам анализа литературных данных и расчетно-теоретических работ в избранной области биологии | выводов по результатам анализа литературных данных                              | результатам анализа литературных данных, собственных экспериментальных и расчетно-теоретических работ   | верного и аргументированного формулирования заключений и выводов по результатам анализа литературных данных, собственных экспериментальных и расчетно-теоретических работ                |   |
|   |   | Умеет: представить полученные результаты  | Умеет: представить полученные результаты, подтвердить их достоверность с помощью статистических методов | Умеет: представить полученные результаты в виде стендового сообщения или устного доклада, подтвердить их достоверность с помощью статистических методов                                  | Для текущего контроля: КВ<br>Для промежуточной аттестации: КВ   |
| ПК-6 Способен выбирать адекватные методы решения и осуществлять исследования с использованием современных технологических решений | ПК-6.1 Выбирает лабораторный метод в соответствие с целью и задачами исследования                   | Знает: теоретические основы методов исследования электрических явлений в клетке | Знает: различные методы исследования электрических явлений в клетке                                     | Знает: методы исследования электрических явлений в клетке и электрофизиологическое оборудование, используемое при регистрации электрических явлений                                      | Для текущего контроля: КВ АУ раздела 1 (1,3,4), раздела 2 (1,2,3,4)<br>Для промежуточной аттестации: КВ |
|   |   | Умеет: выбрать метод исследования в соответствии с поставленной задачей         | Умеет: выбрать и применить метод исследования в соответствии с поставленной задачей                     | Умеет: выбрать и применить метод исследования в соответствии с поставленной задачей и использовать электрофизиологическое оборудование представить полученные результаты, подтвердить их | Для текущего контроля: КВ АУ раздела 1 (1,3,4), раздела 2 (1,2,3,4)<br>Для промежуточной аттестации: КВ |

|  |   |   |  |  |   |
|--|---|---|--|--|---|
|  |   |   |  | достоверность с помощью статистических методов   |   |
|  | ПК-6.2 Способен выполнять лабораторные исследования с использованием современной аппаратуры | Знает: теоретические основы работы на современном электрофизиологическом оборудовании | Знает: основные приемы работы на современном электрофизиологическом оборудовании   | Знает: основные приемы работы на современном электрофизиологическом оборудовании, возможности применения современного программного обеспечения и профессиональных баз данных для решения задач | Для текущего контроля: КВ АУ раздела 1 (1,3,4), раздела 2 (1,2,3,4)<br>Для промежуточной аттестации: КВ |
|  |   | Умеет: использовать электрофизиологическое оборудование                               | Умеет: использовать современное оборудование и современное программное обеспечение | Умеет: использовать современное оборудование, современное программное обеспечение и профессиональные базы данных для решения задач   | Для текущего контроля: КВ АУ раздела 1 (1,3,4), раздела 2 (1,2,3,4)<br>Для промежуточной аттестации: КВ |

### Организация текущего контроля

| № п/п | Наименование темы (раздела) дисциплины                          | Код контролируемой компетенции (или ее индикатора) | Наименование оценочного средства |
|-------|---|--|----------------------------------|
| 1     | Раздел 1. Общие принципы биофизики ионных каналов               | УК-1.1, ОПК-2.1, ОПК-2.3, ПК-6.1, ПК-6.2           | КВ, АУ                           |
| 2     | Раздел 2. Структурно-функциональное многообразие ионных каналов | УК-1.1, ОПК-2.1, ОПК-2.3, ПК-6.1, ПК-6.2           | КВ, АУ                           |

*КВ – контрольные вопросы, АУ – алгоритмы умений*

### Форма промежуточной аттестации по дисциплине – зачет

#### Этапы проведения промежуточной аттестации :

| Этапы | Вид задания   | Оценочные материалы | Индикаторы проверяемых компетенций       |
|-------|---------------|---------------------|--|
| 1     | собеседование | КВ                  | УК-1.1, ОПК-2.1, ОПК-2.3, ПК-6.1, ПК-6.2 |

*КВ – контрольные вопросы*

Собеседование проводится по билетам, каждый билет содержит 2 контрольных вопроса. Время на подготовку 30 мин

### Критерии оценивания заданий промежуточной аттестации:

| Вид задания   | «Не зачтено»   | «Зачтено»  |
|---------------|--|--|
| собеседование | Магистрант не способен применять знания биофизической методологии для решения фундаментальных профессиональных задач; не способен к абстрактному мышлению, анализу, синтезу всех полученных теоретических знаний; не способен творчески использовать в научной и производственно-технологической деятельности знания фундаментальных и прикладных разделов дисциплин курса; не способен осуществлять проектирование и контроль биофизических процессов | Магистрант способен применять знания биофизической методологии для решения фундаментальных профессиональных задач; не способен к абстрактному мышлению, анализу, синтезу всех полученных теоретических знаний; не способен творчески использовать в научной и производственно-технологической деятельности знания фундаментальных и прикладных разделов дисциплин курса; способен осуществлять проектирование и контроль биофизических процессов |

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

### Контрольные вопросы

| № KB | Контрольный вопрос  | Проверяемые индикаторы компетенции |
|------|---|------------------------------------|
| 1    | <p>Объяснить принципы организации активного и пассивного транспорта через клеточную мембрану.</p> <p>Эталон ответа:</p> <p>пассивный транспорт – трансмембранный перенос веществ по градиенту концентраций – возможен несколькими способами: простая диффузия, осмос; облегченная диффузия (участвуют трансмембранные белки – ионные каналы). Каналообразующие белки формируют трансмембранные гидрофильные каналы, через которые молекулы растворенных веществ соответствующих размеров и заряда могут проходить путем облегченной диффузии. Путем облегченной диффузии осуществляется также транспорт стероидных гормонов, ряда жирорастворимых витаминов.</p> <p>Активный транспорт – АТФ-зависимый процесс переноса веществ против градиента концентраций с участием трансмембранных белков. Выделяют первично и вторично активный транспорт. Для первично активного транспорта энергия извлекается непосредственно при расщеплении АТФ или некоторых других соединений. Одним из наиболее распространенных первично-активным транспорт является натрий-калиевый насос. При первично-активном транспорте источником энергии выступает молекула АТФ и процесс переноса вещества через мембрану сопровождается ее гидролизом. Вторично активный транспорт обеспечивается вторичной энергией, накопленной в форме разности концентраций побочных веществ, молекул или ионов, по обе стороны клеточной мембраны, созданной первоначально первично активным транспортом.</p> | ПК-6.2                             |

| № KB | Контрольный вопрос  | Проверяемые компетенции |
|------|---|-------------------------|
| 2    | <p>Объяснить принципы работы и привести примеры ионных насосов.</p> <p>Эталон ответа:</p> <p>примером ионного насоса служат натрий-калиевая АТФаза, протонная АТФаза, кальциевая АТФаза. Натрий-калиевая АТФаза работает по принципу антипорта, пропуская 2 иона калия в клетку, выпуская 3 иона натрия из клетки</p> | УК-1 (УК-1.1)           |

| № KB | Контрольный вопрос   | Проверяемые компетенции |
|------|--|-------------------------|
| 3    | Объяснить принципы работы и привести примеры белков транспортеров.   | ПК-6 (ПК-6.1)           |
|      | Эталон ответа:<br>Белками-транспортерами являются интегральные белки плазмалеммы, участвующие в транспорте сахаров, аминокислот и др. метаболитов. К ним можно отнести, в частности, ионные каналы – например ионные каналы суперсемейства TRP (transient receptor potential). |                         |

| № KB | Контрольный вопрос   | Проверяемые компетенции |
|------|--|-------------------------|
| 4    | Объяснить принципы структурно-функциональной организации ионных каналов  | ОПК-2 (ОПК-2.1)         |
|      | Эталон ответа:<br>Ионные каналы клетки представляют собой трансмембранные белковые структуры с молекулярными системами открытия, закрытия, селективности, инактивации и регуляции. |                         |

| № KB | Контрольный вопрос  | Проверяемые компетенции |
|------|---|-------------------------|
| 5    | Объяснить механизм ионной селективности каналов.  | УК-1 (УК-1.1)           |
|      | Эталон ответа:<br>По селективности различают натриевые (Na <sup>-</sup> ), калиевые (K <sup>-</sup> ), кальциевые (Ca <sup>-</sup> ), хлорные (Cl <sup>-</sup> ) каналы. Селективность каналов определяется размерами селективного фильтра и поры канала, размерами иона и его гидратной оболочки, зарядом иона, а также зарядом внутренней поверхности канала. |                         |

| № KB | Контрольный вопрос   | Проверяемые компетенции |
|------|--|-------------------------|
| 6    | Объяснить механизмы активации и инактивации ионных каналов.  | УК-1 (УК-1.1)           |
|      | Эталон ответа:<br>Модели инактивации ионных каналов: 1) «шарик-на-цепочке» (быстрая инактивация); 2) «молекулярный мостик» (медленная инактивация).<br>Быстрая инактивация многих каналов обеспечивается закупориванием внутреннего устья канала внутриклеточной аминокислотной петлей (модель «мяча на цепочке»). Медленная инактивация канала происходит за счёт процессов, противоположных процессам, обеспечивающим его открытие, т.е. за счёт изменения конформации канального белка.<br>Механизмы активации: 1) изменение трансмембранного потенциала (потенциал-управляемые ионные каналы); 2) взаимодействие с лигандом (лиганд-управляемые каналы); 3) механический стимул (механочувствительные ионные каналы) |                         |

| № KB | Контрольный вопрос  | Проверяемые компетенции |
|------|---|-------------------------|
| 7    | Объяснить механизм формирования мембранного потенциала покоя.   | УК-1 (УК-1.1)           |
|      | Эталон ответа:<br>Мембранный потенциал покоя формируется за счёт градиента ионов (натрия, калия, хлора) по разные стороны от мембраны. Этот градиент ионов поддерживается работой ионных каналов и насосов. |                         |

| № KB | Контрольный вопрос   | Проверяемые компетенции |
|------|--|-------------------------|
| 8    | Объяснить уравнение Нернста.   | УК-1 (УК-1.1)           |
|      | Эталон ответа:<br>Уравнение Нернста описывает математическую модель условной клетки, с точки зрения транспорта одного типа ионов. Показывает значение трансмембранного равновесного потенциала, при котором направления входа и выхода ионов уравновешивают друг друга |                         |

| № KB | Контрольный вопрос  | Проверяемые компетенции |
|------|---|-------------------------|
| 9    | Объяснить уравнение Голдмана-Ходжкина-Катца.  | УК-1 (УК-1.1)           |
|      | Эталон ответа:<br>Уравнение Голдмана-Ходжкина-Катца позволяет высчитать значение трансмембранного потенциала покоя для клетки исходя из значений концентраций ионов по обе стороны мембраны клетки. |                         |

| № KB | Контрольный вопрос   | Проверяемые компетенции |
|------|--|-------------------------|
| 10   | Объяснить основные принципы модели Ходжкина-Хаксли.  | УК-1 (УК-1.1)           |
|      | Эталон ответа:<br>Это математическая модель, описывающая генерацию и распространение потенциалов действия в нейронах. Модель была разработана Аланом Ллойдом Ходжкином и Эндрю Хаксли в 1952 году для описания электрических механизмов, которые обуславливают генерацию и передачу нервного сигнала в гигантском аксоне кальмара. За это авторы модели получили Нобелевскую премию в области физиологии и медицины в 1963 году. |                         |

| № KB | Контрольный вопрос   | Проверяемые компетенции |
|------|--|-------------------------|
| 11   | Что такое воротный ток и как его зарегистрировать.   | УК-1 (УК-1.1)           |
|      | Эталон ответа:<br>Активация натриевой и калиевой проводимостей при деполяризации должна быть связана со смещением заряда внутри клетки. Эти смещения называются воротными токами. Воротный ток - изменение заряда элементов клеточной мембраны, связанное с открытием или закрытием каналов. Один из возможных способов записи воротного тока состоит в сложении токов, производимых скачками потенциала одинаковой величины и противоположной полярности. |                         |

| № KB | Контрольный вопрос   | Проверяемые компетенции |
|------|--|-------------------------|
| 12   | Описать ионные токи потенциала действия нейрона.   | ОПК-2 (ОПК-2.1)         |
|      | Эталон ответа:<br>В потенциале действия нейрона выделяют три фазы, в каждой активны разные ионные каналы:<br>- фаза деполяризации: активны потенциал-управляемые натриевые каналы<br>- фаза реполяризации: активны потенциал-управляемые калиевые каналы<br>- фаза гиперполяризации: активны потенциал-управляемые калиевые каналы и хлорные каналы. |                         |

| № KB | Контрольный вопрос   | Проверяемые компетенции                       |
|------|--|---|
| 13   | Описать ионные токи потенциала действия кардиомиоцита.   | УК-1 (УК-1.1),<br>ОПК-2 (ОПК-2.1,<br>ОПК-2.3) |
|      | Эталон ответа:<br>Потенциал действия типичного кардиомиоцита состоит из следующих фаз:<br>- фаза деполяризации: активация потенциал-управляемых натриевых каналов<br>- фаза начальной быстрой реполяризации: активация потенциал-управляемых калиевых каналов<br>- фаза плато (медленная реполяризация): активация потенциал-управляемых калиевых каналов и активация потенциал-управляемых кальциевых каналов<br>- фаза конечной быстрой реполяризации: активация потенциал-управляемых калиевых каналов, инактивация потенциал-управляемых кальциевых каналов. |   |

| № KB | Контрольный вопрос  | Проверяемые компетенции  |
|------|---|--|
| 14   | Описать ионные токи, лежащие в основе генерации пейсмекерных потенциалов.   | УК-1 (УК-1.1),<br>ОПК-2 (ОПК-2.2.,<br>ОПК-2.3),<br>ПК-6 (ПК-6.2) |
|      | Эталон ответа:<br>Медленная диастолическая деполяризация развивается из-за активности каналов HCN, - активируемые гиперполяризацией циклонуклеотид-зависимые каналы. После этого активируются низкопороговые потенциал-зависимые Ca <sup>2+</sup> каналы T-типа, затем с более высоким порогом Ca <sup>2+</sup> каналы L-типа. Так развивается потенциал действия пейсмекерной клетки. Фаза реполяризации обеспечивается активацией потенциал-управляемых калиевых каналов. |  |

| № KB | Контрольный вопрос   | Проверяемые компетенции                   |
|------|--|---|
| 15   | Объяснить механизм распространения потенциала действия.  | ОПК-2 (ОПК-2.2),<br>ПК-6 (ПК-6.1, ПК-6.2) |
|      | Эталон ответа:<br>Распространение потенциала действия по поверхности нервной клетки основано на том, что локальное обращение мембранного потенциала стимулирует открывание соседних потенциал-управляемых ионных каналов, в результате чего возбуждение распространяется в виде деполяризационной волны на всю клетку. |   |

| № KB | Контрольный вопрос  | Проверяемые компетенции                   |
|------|---|---|
| 16   | Объяснить принципы метода локальной фиксации потенциала.  | ОПК-2 (ОПК-2.2),<br>ПК-6 (ПК-6.1, ПК-6.2) |
|      | Эталон ответа:<br>Метод локальной фиксации потенциала (patch-clamp) основан на взаимосвязи между силой тока, напряжением и сопротивлением (закон Ома). Эта методика даёт возможность экспериментатору контролировать разность потенциалов между сторонами мембраны, а также помещать её в среду с определённым химическим составом. В этих хорошо контролируемых условиях измеряют ионные токи, проходящие через мембрану, что, в конечном итоге, позволяет делать выводы о том, как ионные каналы реагируют на электрическое и химическое воздействие. Метод позволяет наблюдать поведение и химические превращения единичных молекул, взаимодействующих с мембраной. Разработаны экспериментальные протоколы, позволяющие измерять характеристики ионных каналов оптимальным образом. Немецкие исследователи Эрвин Неер и Берт Сакман, разработавшие эту методику, получили Нобелевскую премию в 1991 году. |   |

| № KB | Контрольный вопрос | Проверяемые |
|------|--------------------|-------------|
|------|--------------------|-------------|

|    |  | <b>компетенции</b>                |
|----|--|-----------------------------------|
| 17 | Описать конфигурации метода локальной фиксации потенциала.<br>Эталон ответа:<br>Выделяют 4 конфигурации:<br>1 – Конфигурация Cell-attached – позволяет регистрировать работу одиночных ионных каналов. Данная конфигурация позволяет работать в условиях, наиболее близких к физиологическим.<br>2 – Конфигурация Inside-out – позволяет регистрировать работу одиночных ионных каналов при отрыве фрагмента плазмалеммы цитоплазмы от клетки. При использовании такой модификации пипетку заполняют раствором, имитирующим внеклеточную среду, тогда как омывающий раствор делают близким по составу к цитоплазме. При этом, меняя состав омывающего раствора, можно изучать, как такие изменения в цитоплазме влияют на ток интересующих нас каналов. Такая конфигурация позволяет достаточно точно характеризовать каналы, используя биофизические уравнения Нернста и Гольдмана-Ходжкина-Каца.<br>3 – Конфигурация Whole-cell – позволяет регистрировать интегральные токи со всей поверхности клеточной мембраны. С точки зрения изучения токов через каналы, преимущество этого метода состоит в том, что здесь оказываются сохранены клеточные структуры и регуляторные механизмы.<br>4 – Конфигурация Outside-out – позволяет регистрировать работу одиночных ионных каналов, сохраняя внутриклеточные регуляторные механизмы. | ОПК-2 (ОПК-2.3),<br>ПК-6 (ПК-6.2) |

| <b>№ KB</b> | <b>Контрольный вопрос</b>   | <b>Проверяемые компетенции</b> |
|-------------|---|--------------------------------|
| 18          | Описать потенциал-зависимость активации и инактивации ионных каналов.<br>Эталон ответа:<br>Потенциал-зависимость активации и инактивации ионных каналов, например, потенциал-управляемых ионных каналов, связана с трансмембранным сегментом 4 («сенсор напряжения») - этот сегмент содержит положительно-заряженные остатки аминокислот, и способен менять свою топологию в мембране в зависимости от значения трансмембранного потенциала, тем самым меняя конформацию белка, что приводит либо к активации, либо инактивации канала. | ОПК-2 (ОПК-2.3)                |

| <b>№ KB</b> | <b>Контрольный вопрос</b>   | <b>Проверяемые компетенции</b> |
|-------------|---|--------------------------------|
| 19          | Описать ионные каналы электрической межклеточной сигнализации.<br>Эталон ответа:<br>Ионными каналами, обеспечивающими электрическую межклеточную сигнализацию, являются коннексоны – щелевые электрические контакты двух клеток (нейронов). Коннексон состоит из шести белковых субъединиц-коннексинов, встроенных в мембрану. Выступающая внеклеточная часть способна связываться в межклеточном пространстве с коннексоном соседней клетки так, что образуется непрерывный канал, соединяющий внутреннее пространство двух клеток. В результате между клетками образуется водная пора диаметром 2 нм, пропускающая ионы и мелкие молекулы молекулярной массой до 1.5 кДа. | ОПК-2 (ОПК-2.3)                |

| <b>№ KB</b> | <b>Контрольный вопрос</b>  | <b>Проверяемые компетенции</b> |
|-------------|--|--------------------------------|
| 20          | Описать топологию и характеристики токов потенциал-зависимого натриевого канала.<br>Эталон ответа:<br>Топология потенциал-зависимого натриевого канала: канал состоит из | ОПК-2 (ОПК-2.3)                |

|  |   |  |
|--|---|--|
|  | <p>порообразующей альфа-субъединицы и вспомогательных бета-субъединиц (бета1-бета4). Альфа-субъединица является полипептидной цепью, состоящей из четырех доменов (D1-D4), каждый из которых состоит из 6 трансмембранных сегментов (S1-S6). Петля между S5-S6 сегментами каждого из четырех доменов участвует в образовании поры.</p> <p>Характеристики токов потенциал-зависимых ионных каналов: большинство каналов имеют быструю кинетику. Проводимость одиночного канала мала и не превышает 10 пСм. Блокатор – тетродотоксин.</p> |  |
|--|---|--|

| № KB | Контрольный вопрос   | Проверяемые компетенции |
|------|--|-------------------------|
| 21   | <p>Описать топологию и характеристики токов эпителиального натриевого канала.</p> <p>Эталон ответа:<br/>Топология эпителиального натриевого канала – канал представляет собой гетеротример, образован тремя субъединицами (альфа, бета, гамма) в соотношении 1:1:1. Каждая субъединица состоит из двух трансмембранных сегментов и большой внеклеточной петли между ними.</p> <p>Характеристики токов эпителиального натриевого канала: Проводимость <math>E_{NaC}</math> для ионов <math>Na^+</math> при концентрациях <math>Na^+ &gt; 100</math> и комнатной температуре составляет примерно 4-5 пикосименс, Токи блокируются диуретиком амилоридом в субмикромолекулярной концентрации.</p> | ОПК-2 (ОПК-2.3)         |

| № KB | Контрольный вопрос   | Проверяемые компетенции |
|------|--|-------------------------|
| 22   | <p>Описать топологию и характеристики токов потенциал-зависимых калиевых каналов.</p> <p>Эталон ответа:<br/>Топология: 4 порообразующие альфа-субъединицы образуют тетрамер. Каждая субъединица содержит трансмембранные сегменты S1-S6, S4 – сенсор напряжения, петля между S5-S6 участвует в образовании поры. Есть регуляторные бета субъединицы.</p> <p>Характеристика токов: задержанная активация при деполяризации. Ингибитор – тетраэтиламмоний.</p> | ОПК-2 (ОПК-2.3)         |

| № KB | Контрольный вопрос  | Проверяемые компетенции |
|------|---|-------------------------|
| 23   | <p>Описать топологию и характеристики токов калиевых каналов внутреннего выпрямления.</p> <p>Эталон ответа:<br/>Феномен внутреннего выпрямления каналов <math>K_{ir}</math> является результатом блокирования канала эндогенными полиаминами, называемыми сперминами, а также ионами магния, которые закрывают пору канала при положительных потенциалах, в результате чего выходящий ток уменьшается. Эта потенциал-зависимая блокировка полиаминами приводит к тому, что канал пропускает только входящие токи. Основной ролью каналов <math>K_{ir}</math> является восстановление мембранного потенциала покоя при гиперполяризации за счёт проведения слабого тока калия внутрь клетки.</p> <p>Канал, который "выпрямляется вовнутрь", - это канал, который пропускает ток (положительный заряд) легче во внутреннем направлении (в клетку), чем во внешнем направлении (из клетки). Считается, что этот ток может играть важную роль в регуляции активности нейронов, помогая стабилизировать мембранный потенциал покоя клетки.</p> | ОПК-2 (ОПК-2.3)         |



|  |   |  |
|--|---|--|
|  | <p>Топология: Kir каналы образуются из гомотетрамерных мембранных белков семейств Kir1-7. Каждая из четырех идентичных белковых субъединиц состоит из двух транс-мембранных сегментов M1-M2</p> <p>Характеристика токов: Kir каналы закрываются при деполяризации, замедляя реполяризацию мембраны и помогая поддерживать более длительный ПД кардиомиоцитов.</p> |  |
|--|---|--|

| № KB | Контрольный вопрос   | Проверяемые компетенции |
|------|--|-------------------------|
| 24   | <p>Описать топологию и характеристики токов ионных каналов с двумя поровыми доменами.</p> <p>Эталон ответа:</p> <p>Двупоровые калиевые каналы, или каналы утечки предназначены для постоянного выхода ионов K<sup>+</sup> из клетки, т. е. по градиенту концентрации, независимо от мембранного потенциала, от концентрации ионов Ca<sup>2+</sup> в среде и в клетке. Но интенсивность этого выходящего потока ионов K<sup>+</sup> может изменяться — либо значительно возрастать по сравнению с фоновым уровнем, либо снижаться почти до нулевых значений. Характер этих изменений может зависеть от таких факторов как напряжение кислорода (pO<sub>2</sub>), степень гипоксии, pH цитозоля, pH внеклеточной среды, степень механического воздействия на клетку (растяжение или сжатие), температура среды, воздействие химических веществ, в том числе воздействующих на рецепторы, ассоциированные с G-белком. Благодаря работе этих каналов клетка сохраняет оптимальный уровень ионов K<sup>+</sup> в цитозоле, что обеспечивает ей жизнеспособность и эффективное функционирование.</p> <p>Топология: Семейство двупоровых калиевых каналов (TWIK, TREK/TRAAK, TASK, TALK, THIK, TRESK) представлено одной или двумя субъединицами. Каждая субъединица K<sub>2</sub>P-канала представляет собой альфа-спираль с четырьмя трансмембранными сегментами (TM). Между первым и вторым сегментами находится первая петля (P1-петля), а между третьим и четвертым сегментами — вторая петля (P2-петля). Образно это можно представить как TM1-P1-TM2-TM3-P2-TM4. Эти две P-петли и есть порообразующие участки канала, в связи с чем канал и получил название двупорового канала. Каждая P-петля состоит из двух доменов. Такое строение схематически обозначают как 4TM/2P или 2P/4S. N- и C-концы у всех двупоровых каналов являются цитоплазматическими. Именно C-конец играет исключительно важную роль в изменении проводимости канала под влиянием многих факторов, так как содержит мотивы аминокислотных остатков, являющиеся своеобразными внутрибелковыми структурами («рецепторами»), улавливающими изменение pH, pO<sub>2</sub>, механического натяжения, температуры и иные воздействия.</p> <p>При формировании канала альфа-субъединицы могут димеризоваться, образуя гомодимер, т. е. в этом случае канал состоит из 8 трансмембранных доменов и 4 порообразующих участков, которые находятся в общем «пучке». Через этот участок и идет выходящий из клетки поток ионов калия. Некоторые изоформы образуют гетеродимеры, которые обеспечивают разнообразие в свойствах канала, например, в астроцитах мозга встречаются такие гетеродимерные каналы как TWIK1-TREK1, которые позволяют пропускать большие молекулы, например, молекулы глутамата. THIK2 способен соединяться с THIK1, образуя гетеродимер, TASK1 способен соединяться с TASK3, образуя гетеродимер TASK1/TASK3, обладающий рядом иных свойств, чем исходные мономеры. TWIK1 может взаимодействовать с TASK1 и TASK3. В целом гетеродимеризация — это экономически эффективное средство, позволяющее клетке приобретать новые функции, генерируя новые каналы с конкретными правилами и поведением.</p> <p>Характеристика токов: 2P-каналы не имеют датчика напряжения и не блокируются мембранным потенциалом. В каналах утечки нет активационных и</p> | ОПК-2 (ОПК-2.3)         |

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | <p>инактивационных ворот. Для их функционирования необходимо наличие внутри клетки ионов <math>Mg^{2+}</math>. При симметричной концентрации ионов калия с обеих сторон мембраны (т. е. при концентрации ионов <math>K^+</math> в среде и в клетке, равной 140 мМ) <math>K^{2P}</math>-ток демонстрирует линейную зависимость от потенциала, т. е. сила калиевого тока, идущего через эти каналы, меняется пропорционально изменению мембранного потенциала. При физиологических условиях, т. е. при высокой концентрации ионов <math>K^+</math> внутри клетки и низкой концентрации ионов <math>K^+</math> снаружи <math>K^{2P}</math>-канал проводит более значительный ток из клетки, чем внутрь клетки, т. е. наблюдается поток ионов <math>K^+</math>, направленный в большей степени наружу, чем внутрь клетки, т. е. выходящий ток, который гиперполяризует мембрану.</p> <p>Проводимость каналов зависит от многих факторов, в том числе от напряжения, от степени гипоксии, от величины рН внутриклеточной и (или) внеклеточной среды, от температуры среды, от степени механического напряжения на мембрану, от наличия в среде агонистов рецепторов, ассоциированных с G-белком (серотонина, норадреналина, ацетилхолина, ГАМК, вещества P, глутамата, тиреотропного гормона и других гормонов), от наличия некоторых летучих и местных анестетиков и антидепрессантов, от наличия ненасыщенных жирных кислот, а также от так называемых вспомогательных белков, которые определяют таргетинг каналов, т. е. их локализацию внутри клетки и на поверхностной мембране. Характер этих зависимостей во многом определяется тем, к какому подсемейству относится конкретный <math>K^{2P}</math>-канал. Однако в любом случае повышение активности <math>K^{2P}</math>-каналов приводит к гиперполяризации, а снижение (блокирование, ингибирование каналов) — к деполяризации.</p> |  |
|--|--|--|

| № KB | Контрольный вопрос   | Проверяемые компетенции |
|------|--|-------------------------|
| 25   | <p>Описать топологию и характеристики токов потенциал-зависимых кальциевых каналов.</p> <p>Эталон ответа:</p> <p>В настоящее время обнаружены различные подтипы потенциал-зависимых <math>Ca^{2+}</math>-каналов: L, N, P/Q, R и T.</p> <p>Топология: Ca-каналы состоят из 5 субъединиц: альфа1-, альфа2-, бета-, гамма-, дельта-. альфа2- и дельта- субъединицы связаны дисульфидными мостиками и являются единым комплексом. Поэтому в нервной системе млекопитающих функционирующий Ca-канал образуют 3 отдельные субъединицы – альфа1, аальфа2-дельта, бета. Альфа1-субъединица формирует пору канала – образована по аналогии с потенциал-зависимыми натриевыми каналами – полипептидная цепь содержит четыре домена (D1-D4), каждый из которых состоит из шести трансмембранных сегментов (S1-S6, S4 – сенсор напряжения).</p> <p>Характеристика токов: При деполяризации мембраны кальциевые каналы открываются подобно потенциал-зависимым натриевым каналам, но они не так быстро инактивируются и обычно остаются открытыми в течение всего периода деполяризации. Так как кальциевых каналов меньше, чем других ионных каналов, а также потому, что внешние и внутриклеточные концентрации ионов кальция относительно невелики, ток, протекающий через кальциевые каналы, обычно мал по сравнению с токами, проходящими через многочисленные потенциал-зависимые калиевые и натриевые каналы.</p> | ОПК-2 (ОПК-2.3)         |

| № KB | Контрольный вопрос   | Проверяемые компетенции |
|------|--|-------------------------|
| 26   | <p>Описать структуру и функции риадинового и инозитолтрифосфатного рецепторов.</p> <p>Эталон ответа:</p> | ОПК-2 (ОПК-2.3)         |

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | <p>Рианодиновый и инозитолтрифосфатный рецепторы – лиганд-управляемые кальциевые каналы, расположенные на внутриклеточных мембранах.</p> <p>Структура: являются гомотетрамерами, каждая субъединица состоит из шести трансмембранных сегментов.</p> <p>Функции: после связи с лигандом (активатором) обеспечивают выход ионов кальция из внутриклеточного кальциевого депо в цитоплазму. Играют важную роль при мышечном сокращении.</p> |  |
|--|--|--|

| № KB | Контрольный вопрос   | Проверяемые компетенции |
|------|--|-------------------------|
| 27   | <p>Описать структуру и функции кальций-проницаемых неселективных катионных каналов.</p> <p>Эталон ответа:<br/>Структура каналов суперсемейства TRP: порообразующая субъединица состоит из 6 трансмембранных сегментов (S1-S6). Регуляторных субъединиц нет. Выделяют семейства: TRPA, TRPC, TRPV, TRPP, TRPM, TRPML<br/>Функции каналов: терморцепция, пропускание ионов кальция и натрия. TRP каналы являются уникальными по своей способности активироваться независимо от деполяризации мембраны. Например, TRPC6 являются структурной компонентой щелевой диафрагмы.</p> | ПК-6 (ПК-6.1)           |

| № KB | Контрольный вопрос   | Проверяемые компетенции           |
|------|--|-----------------------------------|
| 28   | <p>Описать структуру и функции хлоридных каналов.</p> <p>Эталон ответа:<br/>Структура: Каналы включают от 10 до 12 трансмембранных сегментов, образующих в клеточной мембране единственную пору. Активация каналов может происходить под действием потенциала, кальция, различных внеклеточных лигандов или pH<br/>Функции: хлоридные каналы играют важную роль в установлении мембранного потенциала покоя и поддержании нормального объёма клетки. Как правило, эти каналы способны переносить не только ионы хлора Cl<sup>-</sup>, но и HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, I<sup>-</sup>, SCN<sup>-</sup> и NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.</p> | ОПК-2 (ОПК-2.1),<br>ПК-6 (ПК-6.1) |

| № KB | Контрольный вопрос  | Проверяемые компетенции           |
|------|---|-----------------------------------|
| 29   | <p>Описать структуру и функции нуклеотид-зависимых гиперполяризационно-активируемых каналов.</p> <p>Эталон ответа:<br/>HCN (Hyperpolarization-activated cyclic nucleotide-gated - активируемые гиперполяризацией циклонуклеотид-зависимые каналы). HCN пропускают K<sup>+</sup> и Na<sup>+</sup>. Это интегральные белки, которые являются неселективными лиганд-зависимыми катионными каналами в мембранах клеток сердца и головного мозга. HCN-каналы иногда обозначают как «каналы-водители ритма», поскольку они участвуют в генерации ритмической активности клетками сердца и головного мозга. HCN-каналы могут регулировать возбудимость нейронов. Так, в пирамидальных нейронах коры и гиппокампа HCN-каналы расположены, в основном, на апикальных дендритах, регулируя их возбудимость и связанность нейронной сети. HCN-каналы состоят из 4 субъединиц, могут быть как гомо- так и гетеротетрамерами. Каждая субъединица содержит шесть трансмембранных (S1—6) доменов, включая потенциалзависимый сенсор (S4), область поры, расположенную между S5 и S6 и несущую GYG мотив калиевых каналов и домен</p> | ОПК-2 (ОПК-2.1),<br>ПК-6 (ПК-6.1) |

|             |  |                                   |
|-------------|--|-----------------------------------|
|             | связывания циклических нуклеотидов (CNBD) на С-конце.  |                                   |
| <b>№ KB</b> | <b>Контрольный вопрос</b>  | <b>Проверяемые компетенции</b>    |
| <b>30</b>   | <p>Описать структуру и функции протон-активируемых каналов.</p> <p>Эталон ответа:<br/>ASIC ионные каналы относятся к суперсемейству DEG/ENAC. Являются примерными. Экспрессируются в ЦНС и ПНС. Проводят ионы натрия и кальция в ответ на закисление внеклеточной среды, могут участвовать в синаптической передаче.</p>   | ПК-6 (ПК-6.1)                     |
| <b>№ KB</b> | <b>Контрольный вопрос</b>  | <b>Проверяемые компетенции</b>    |
| <b>31</b>   | <p>Объяснить принцип передачи сигналов через ионотропные и метаботропные рецепторы.</p> <p>Эталон ответа:<br/>Ионотропные рецепторы непосредственно связаны с ионными каналами клетки. Ионотропные рецепторы – это путь быстрой передачи сигнала и образования пост-синаптической передачи без изменения процессов метаболизма в клетке. Примером могут служить ГАМК-рецепторы. Метаботропные рецепторы не имеют прямой связи с ионными каналами на поверхности клетки или её везикул и осуществляют передачу сигнала на них через те или иные внутриклеточные сигнальные механизмы, нередко — через G-белки. Примером может служить рецептор к ангиотензину-II.</p> | ОПК-2 (ОПК-2.3)                   |
| <b>№ KB</b> | <b>Контрольный вопрос</b>  | <b>Проверяемые компетенции</b>    |
| <b>32</b>   | <p>Описать принципы регуляции лиганд-зависимых ионных каналов.</p> <p>Эталон ответа:<br/>Это трансмембранные белки ионных каналов, которые позволяют ионам, например, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup> и/или Cl<sup>-</sup>, проходить через биологическую мембрану, посредством изменения конформации (открытия) в ответ на связывание химического мессенджера (то есть лиганда), такого как, например, молекулы нейромедиатора. Каналы открываются при конформационном связывании лиганда с рецепторной частью канала.</p>   | ОПК-2 (ОПК-2.3),<br>ПК-6 (ПК-6.1) |
| <b>№ KB</b> | <b>Контрольный вопрос</b>  | <b>Проверяемые компетенции</b>    |
| <b>33</b>   | <p>Описать принципы регуляции мессенджер-зависимых ионных каналов.</p> <p>Эталон ответа:<br/>Каналы TRPC6, в частности, активируются DAG (компонент фосфоинозитидного каскада). Т.е. при активации рецептора, сопряженного с G-белком (рецептор к ангиотензину-II) активируется фосфолипаза C, которая стимулирует активность каналов TRPC6 посредством диацилглицерола.</p>   | ОПК-2 (ОПК-2.3),<br>ПК-6 (ПК-6.1) |
| <b>№ KB</b> | <b>Контрольный вопрос</b>  | <b>Проверяемые компетенции</b>    |
| <b>34</b>   | <p>Описать структуру и функции никотинового ацетилхолинового рецептора.</p> <p>Эталон ответа:<br/>Данный ионотропный рецептор является гетероолигомерным комплексом,</p>   | ОПК-2 (ОПК-2.3),<br>ПК-6 (ПК-6.1) |

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | <p>состоящим из четырех разных белковых субъединиц. При естественной экспрессии в клетке сначала возникают димерные комплексы <math>\alpha</math>-<math>\gamma</math> и <math>\alpha</math>-<math>\delta</math>, потом формируется тример <math>\alpha</math>-<math>\beta</math>-<math>\delta</math>, и наконец, после объединения димера и тримера, в клеточную мембрану встраивается функциональный пентамер со стехиометрией <math>\alpha_2\beta\gamma\delta</math>.</p> <p>Функции: обеспечивает передачу нервного импульса через нервно-мышечные синапсы и активируется ацетилхолином, а также никотином.</p> |  |
|--|--|--|

| № KB | Контрольный вопрос  | Проверяемые компетенции |
|------|---|-------------------------|
| 35   | Описать структуру и функции ГАМК и глициновых рецепторов.   | ПК-6 (ПК-6.2)           |
|      | <p>Эталон ответа:</p> <p>Это ионотропные рецепторы: ГАМК и глициновые рецепторы расположены в постсинаптической мембране, тормозят передачу нервного импульса.</p> <p>Функционирующий ГАМК и глициновые рецепторы представляет собой гетеропентамеры.</p> |                         |

| № KB | Контрольный вопрос   | Проверяемые компетенции |
|------|--|-------------------------|
| 36   | Описать принципы передачи сигнала в химическом синапсе.  | ПК-6 (ПК-6.2)           |
|      | <p>Эталон ответа:</p> <p>В химическом синапсе передача сигнала осуществляется посредством медиатора, который высвобождается из пре-синаптической мембраны, и связывается со своим ионотропным рецептором на пост-синаптической мембране, регулируя значение потенциала на мембране</p> |                         |

| № KB | Контрольный вопрос  | Проверяемые компетенции |
|------|---|-------------------------|
| 37   | Описать структуру и функции глутаматных рецепторов.   | ПК-6 (ПК-6.2)           |
|      | <p>Эталон ответа:</p> <p>Структурно NMDA-рецептор состоит из 4 субъединиц — 2 из подтипа NR1 и 2 из подтипа NR2. Недавно был выделен новый класс субъединиц – NR3. В неактивированной форме канал рецептора закрыт ионом магния.</p> <p>Ион магния удаляется при деполяризации постсинаптической мембраны, на которой находится рецептор. Одновременно с этим для функционирования рецептора должен поступить в синаптическую щель глутамат. Такая активация рецептора вызывает открытие ионного канала, селективного к катионам, что ведёт к притоку в клетку <math>\text{Na}^+</math> и, в небольшом объёме, <math>\text{Ca}^{2+}</math>, а <math>\text{K}^+</math> покидает клетку. Ионы кальция, вошедшие через канал, активируют протеинкиназу CaMK-II. Происходит её аутофосфорилирование и фосфорилирование ряда белков нейрона-реципиента. Данный процесс играет ключевую роль в синаптической пластичности, а следовательно и в процессах обучения и памяти.</p> |                         |

| № KB | Контрольный вопрос   | Проверяемые компетенции |
|------|--|-------------------------|
| 38   | Описать структуру и функции каналов пуриновых рецепторов.  | ПК-6 (ПК-6.2)           |
|      | <p>Эталон ответа:</p> <p>Специфический класс мембранных рецепторов, которые опосредуют такие жизненно важные функции, как, например, расслабление гладкой мускулатуры пищеварительного тракта в ответ на выделение АТФ или аденозина. К настоящему моменту идентифицировано 3 группы пуринергических рецепторов: P1, P2X, P2Y.</p> |                         |

|  |   |  |
|--|---|--|
|  | <p>Сигналы, опосредуемые рецепторами классов P1 и P2Y, имеют противоположные эффекты на биологические системы. P1-рецепторы представляют собой метаботропные рецепторы, связанные с G-белком. В качестве вторичных посредников этих рецепторов выступают цАМФ и инозитолтрифосфат.</p> <p>P2X-рецепторы являются тримерными лиганд-связанными ионными каналами, регулирующими вход ионов Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> и Ca<sup>2+</sup>. Возбуждение P2X-рецепторов приводит, очевидно, к двойному эффекту. Во-первых, через эти каналы происходит непосредственный вход Na<sup>+</sup> и Ca<sup>2+</sup> в клетку. Во-вторых, вызванная этим деполяризация клеточной мембраны, приводит к дополнительному току Ca<sup>2+</sup> внутрь клетки через потенциал-зависимые кальциевые каналы. Оба механизма в итоге приводят к сокращению клеток.</p> |  |
|--|---|--|

| № KB | Контрольный вопрос   | Проверяемые компетенции |
|------|--|-------------------------|
| 39   | Описать структуру и функции коннексонов.   | ПК-6 (ПК-6.2)           |
|      | <p>Эталон ответа:</p> <p>Коннексоны двух клеток образуют щелевой контакт, в частности, между двумя нейронами при электрическом синапсе. Каждый коннексон состоит из шести коннексинов.</p> |                         |

| № KB | Контрольный вопрос   | Проверяемые компетенции |
|------|--|-------------------------|
| 40   | Описать ацетилхолин-зависимый сигнальный каскад регуляции ионных каналов в кардиомиоцитах.   | ПК-6 (ПК-6.2)           |
|      | <p>Эталон ответа:</p> <p>Ацетилхолин, выделяемый окончаниями блуждающих нервов, связывается с M-холинорецепторами кардиомиоцитов и вызывает гиперполяризацию их мембраны за счет активации калиевых каналов.</p> <p>Ацетилхолин в низких концентрациях (от 3 до 30 нМ), снижает активность аденилатциклазы, уменьшает внутриклеточную концентрацию цАМФ, что приводит к падению величины I<sub>f</sub> тока и торможению ЧСС. В концентрациях в 30-40 раз более высоких ацетилхолин действует по принципиально другому механизму, активируя K<sup>+</sup> каналы, по которым течет наружу направленный калиевый реполярирующий ток (I<sub>K</sub>, Ach).</p> |                         |

| № KB | Контрольный вопрос  | Проверяемые компетенции |
|------|---|-------------------------|
| 41   | Описать адреналин-зависимый сигнальный каскад регуляции ионных каналов в кардиомиоцитах.  | ПК-6 (ПК-6.2)           |
|      | <p>Эталон ответа:</p> <p>Адреналин активирует I<sub>f</sub>-ток (HCN каналы) в кардиомиоцитах. За счет увеличения вероятности нахождения f-каналов в открытом состоянии, что отражается в смещении кривой зависимости величины I<sub>f</sub> тока от приложенного потенциала в область более положительных значений.</p> <p>В результате взаимодействия адреналина с β -адренорецепторами, экспрессированными на поверхности пейсмекерных клеток, происходит активация аденилатциклазы и увеличение внутриклеточной концентрации цАМФ, который непосредственно связывается с белком f-канала и увеличивает I<sub>f</sub> ток.</p> |                         |

| № KB | Контрольный вопрос | Проверяемые компетенции |
|------|--------------------|-------------------------|
|------|--------------------|-------------------------|

|    |  |               |
|----|--|---------------|
| 42 | Описать ионные механизмы синдрома Бругада.   | ПК-6 (ПК-6.1) |
|    | <p>Эталон ответа:</p> <p>Синдром Бругада возникает в результате мутаций, которые</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- уменьшают входящие потоки натрия или кальция</li> <li>- ускоряют выход ионов калия наружу</li> </ul> <p>Эти нарушения приводят к ранней потере плато потенциала действия.</p> <p>Большинство мутаций находятся в гене SCN5A, приводя к уменьшению активности потенциал-управляемых натриевых каналов Nav1.5, что приводит к нарушению проводимости кардиомиоцитов.</p> |               |

| № KB | Контрольный вопрос   | Проверяемые компетенции |
|------|--|-------------------------|
| 43   | Описать ионные механизмы синдрома длинного интервала QT.   | ПК-6 (ПК-6.1)           |
|      | <p>Эталон ответа:</p> <p>При вариации синдрома LQT3 наблюдается увеличение активности потенциал-зависимых натриевых каналов Nav1.5. За счет увеличения притока Na<sup>+</sup> увеличивается продолжительность ПД, что может вызывать аритмические явления.</p> <p>Механизмы, которые могут быть ответственны за усиление функции I(Na<sup>+</sup>):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-увеличение времени реполяризации,</li> <li>-увеличенный ток задержки I<sub>NaL</sub>,</li> <li>-повышение пика I<sub>Na</sub>,</li> <li>-снижение скорости инактивации,</li> <li>-сдвиги в зависимости от напряжения (не)активации, которые приводят к увеличению тока.</li> </ul> |                         |

| № KB | Контрольный вопрос  | Проверяемые компетенции |
|------|---|-------------------------|
| 44   | Описать ионные механизмы скелетно-мышечных каналопатий.   | ОПК-2 (ОПК-2.2)         |
|      | <p>Эталон ответа:</p> <p>Ненормальная работа, например, каналов Nav1.4, может привести к понижению, или повышению возбудимости мембраны мышечных клеток. Гипервозбудимость мембраны мышечной клетки может вызвать появление ритмичных ПД и стойкое мышечное сокращение в ответ на одиночные стимулы (миотония). Уменьшение активности каналов приведет к уменьшению мышечных сокращений, несмотря на нормальную активность двигательного нерва и синапса, что приводит к параличу.</p> <p>Пример:</p> <p>Гиперкалиемический периодический паралич, вызван мутацией <math>\alpha</math>-субъединицы потенциал-зависимого Na<sup>+</sup>-канала мембраны скелетной мышцы. Данная мутация приводит к следующим патофизиологическим изменениям: нарушение инактивации канала - увеличение Na<sup>+</sup> входящего тока и следующего за ним K<sup>+</sup> выходящего тока во время потенциала действия (K<sup>+</sup> накапливается в межклеточном пространстве, а затем в крови, что приводит к гиперкалиемии) - потенциал действия затягивается по времени - мышечная клетка длительный период рефрактерна - повторные стимулы со стороны мотонейрона не вызывают сокращения волокна.</p> |                         |

| № KB | Контрольный вопрос  | Проверяемые компетенции  |
|------|---|--------------------------|
| 45   | Описать ионные механизмы нейрональных каналопатий.  | ОПК-2 (ОПК-2.2, ОПК-2.3) |
|      | <p>Эталон ответа:</p> <p>Выделяют несколько типов нейрональных каналопатий, связанных с мутациями</p> |                          |

|  |   |  |
|--|---|--|
|  | натриевых, калиевых, кальциевых ионных каналов в нейронах.<br>Пример:<br>Эпизодическая атаксия 1 типа. Генетическим дефектом, связанным с данной патологией, является мутация гена калиевого канала. Мутация нейронального K <sup>+</sup> -потенциал-зависимого канала вызывает уменьшение калиевого тока во время потенциала действия - удлинение потенциала действия из-за уменьшения реполяризирующего действия K <sup>+</sup> тока в единицу времени - пребывание клетки в течение длительного периода времени в рефрактерном периоде |  |
|--|---|--|

| № KB | Контрольный вопрос   | Проверяемые компетенции  |
|------|--|--------------------------|
| 46   | Описать ионные механизмы почечных каналопатий.<br>Эталон ответа:<br>Увеличение активности при мутации ионных каналов TRPC6 вызывает развитие фокально-сегментарного гломерулосклероза. При этом синдроме в подоцитах увеличивается уровень внутриклеточного кальция, нарушение ультраструктуры щелевой диафрагмы, и, как следствие, происходит слищивание подоцитов. | ОПК-2 (ОПК-2.2, ОПК-2.3) |

| № KB | Контрольный вопрос  | Проверяемые компетенции      |
|------|---|------------------------------|
| 47   | Описать ионные механизмы фототрансдукции в фоторецепторах.<br>Эталон ответа:<br>Условно процесс фототрансдукции можно подразделить на три этапа:<br>1) Поглощение родопсином светового кванта и фотоэлектрические процессы, происходящие в молекуле родопсина в фоторецепторной мембране. Этот этап пространственно ограничен фоторецепторной мембраной диска и включает в себя фотоэлектрические и конформационные процессы, в основном происходящие в молекуле родопсина.<br>2) Активация возбужденной молекулой родопсина цитоплазматических белков в наружном сегменте - трансдуцина и фосфодиэстеразы. Конечным звеном этого этапа является быстрое уменьшение концентрации цГМФ в цитоплазме фоторецепторной клетки.<br>3) Взаимодействие цГМФ с ионными каналами в плазматической мембране. Здесь происходят два физиологически важных процесса. Прямое регулирование проводимости ионных каналов цГМФ и регуляция концентрации внутриклеточного кальция, который входит в клетку через нуклеотид-регулируемые каналы, и цитоплазматическая концентрация которого уменьшается при освещении. Концентрация кальция регулируется Na-Ca-обменником, локализованным в цитоплазматической мембране. | УК-1 (УК-1.1), ПК-6 (ПК-6.1) |

| № KB | Контрольный вопрос  | Проверяемые компетенции      |
|------|---|------------------------------|
| 48   | Описать ионные механизмы механорецепции в волосковых клетках.<br>Эталон ответа:<br>Во внутреннем ухе волосковые клетки содержат киноцилии и стереоцилии. Отклонение этих структур под воздействием колебаний жидкости приводит к активации ионных каналов на апикальной мембране, которые связаны белковыми мостиками с этими структурами. Активация ионных каналов приводит к деполяризации мембраны. Данная деполяризация приводит к открытию потенциал-управляемых кальциевых каналов в базолатеральной части клеток и секреции медиатора, который генерирует потенциал действия на афферентном нервном волокне. | УК-1 (УК-1.1), ПК-6 (ПК-6.1) |



| № KB | Контрольный вопрос  | Проверяемые компетенции         |
|------|---|---------------------------------|
| 49   | Описать ионные механизмы трансдукции в обонятельных рецепторах.   | УК-1 (УК-1.1),<br>ПК-6 (ПК-6.1) |
|      | Эталон ответа:<br>Обонятельный рецептор является рецептором, сопряженным с G-белком. После взаимодействия с лигандом, запускается либо аденилатциклазный сигнальный каскад, либо фосфолипазный. Что приводит к деполяризации обонятельного нейрона. |                                 |

| № KB | Контрольный вопрос  | Проверяемые компетенции         |
|------|---|---------------------------------|
| 50   | Описать ионные механизмы трансдукции во вкусовых рецепторах.  | УК-1 (УК-1.1),<br>ПК-6 (ПК-6.1) |
|      | Эталон ответа:<br>Последовательность событий:<br>1. Активация специфического рецептора на ворсинке вкусовой клетки.<br>2. Трансдукция вкусового сигнала, приводящая к деполяризации клетки<br>3. Вход $Ca^{2+}$ в клетку<br>4. Освобождение медиатора<br>5. Активация первичных сенсорных нейронов в ганглиях<br>6. Иннервация- мультинейрональная – каждая почка иннервируется 50 первичными сенсорными нервами.<br>Восприятие сладкого, кислого и соленого сопровождается деполяризацией вкусовой клетки и последующим входом $Ca^{2+}$ в клетку.<br>Восприятие горького за счет освобождения $Ca^{2+}$ из внутриклеточных депо.<br>Следующий общий этап – активация первичного сенсорного нейрона<br>Пути вкусового сигнала:<br>Активация вкусовой рецепторной клетки<br>Активация первичных вкусовых рецепторов в ганглиях<br>Возбуждение таламуса<br>Возбуждение клеток соматосенсорной коры<br>Пример: Восприятие соленого:<br>вход натрия во вкусовую клетку через Na каналы–(непотенциалозависимые) приводит к ее деполяризации.<br>Вследствие этого открываются потенциалозависимые Ca каналы. Входящий $Ca^{2+}$ активирует синаптическую передачу на афферентный нерв. |                                 |

| № KB | Контрольный вопрос   | Проверяемые компетенции |
|------|--|-------------------------|
| 51   | Какие существуют способы активации ионных каналов.   | ПК-6 (ПК-6.1)           |
|      | Эталон ответа:<br>Способы активации ионных каналов:<br>- Активация физическими изменениями;<br>- Активация химическими веществами. |                         |

| № KB | Контрольный вопрос  | Проверяемые компетенции |
|------|---|-------------------------|
| 52   | Что вызывает норадреналин в кардиомиоцитах.   | ПК-6 (ПК-6.1)           |
|      | Эталон ответа:<br>Норадреналин в кардиомиоцитах фосфорилирует кальциевые ионные каналы. |                         |

| № KB | Контрольный вопрос   | Проверяемые компетенции |
|------|--|-------------------------|
| 53   | Какие функции есть у вспомогательных субъединиц.   | ПК-6 (ПК-6.1)           |
|      | Эталон ответа:<br>Функции вспомогательных субъединиц:<br>Модуляторная, структурная, стабилизирующая. |                         |

| № KB | Контрольный вопрос  | Проверяемые компетенции |
|------|---|-------------------------|
| 54   | Какие подходы описывают транспорт ионов через ионный канал. | УК-1 (УК-1.1)           |
|      | Эталон ответа:<br>Дискретный, непрерывный.                  |                         |

| № KB | Контрольный вопрос  | Проверяемые компетенции |
|------|---|-------------------------|
| 55   | Какие методы, помимо метода локальной фиксации потенциала, могут быть использованы для определения функционирования каналов.  | ПК-6 (ПК-6.2)           |
|      | Эталон ответа:<br>Методы, которые могут быть использованы для определения функционирования каналов, помимо метода локальной фиксации потенциала:<br>Ингибиторный (фармакологический), ультраструктурный, биохимический, генетический, прижизненная микроскопия с использованием флуоресцентных зондов рентгенокристаллографический метод. |                         |

| № KB | Контрольный вопрос  | Проверяемые компетенции |
|------|---|-------------------------|
| 56   | Какие есть принципы активации механочувствительных ионных каналов.  | ПК-6 (ПК-6.1)           |
|      | Эталон ответа:<br>Принципы активации механочувствительных ионных каналов:<br>- изменение кривизны мембраны<br>- латеральное растяжение мембраны<br>- воздействие на внеклеточные молекулярные мостики<br>- воздействие на внутриклеточные структуры |                         |

| № KB | Контрольный вопрос   | Проверяемые компетенции |
|------|--|-------------------------|
| 57   | Какие каналы отвечают за транспорт воды.                                   | ПК-6 (ПК-6.1)           |
|      | Эталон ответа:<br>Каналы, которые отвечают за транспорт воды - Аквапорины. |                         |

| № KB | Контрольный вопрос  | Проверяемые компетенции |
|------|---|-------------------------|
| 58   | Что такое «перехват Ранвье».  | ПК-6 (ПК-6.1)           |
|      | Эталон ответа:<br>«Перехват Ранвье» - безмиелиновое пространство на аксоне нейрона, где сосредоточены ионные каналы и происходит возобновление и усиление передачи потенциала действия. |                         |

| № KB | Контрольный вопрос  | Проверяемые компетенции |
|------|---|-------------------------|
| 59   | Какие существуют механизмы действия местных анестетиков.  | ПК-6 (ПК-6.1)           |
|      | Эталон ответа:<br>Механизмы действия местных анестетиков:<br>- Непосредственно блокирование поры канала;<br>- опосредованно через изменение липидного окружения канала. |                         |

| № KB | Контрольный вопрос  | Проверяемые компетенции |
|------|---|-------------------------|
| 60   | Какие каналы регулируют уровень синтеза инсулина в бета-клетках поджелудочной железы.   | ПК-6 (ПК-6.1)           |
|      | Эталон ответа:<br>Каналы, которые регулируют уровень синтеза инсулина в бета-клетках поджелудочной железы:<br>АТФ-чувствительные калиевые каналы. |                         |

| № KB | Контрольный вопрос   | Проверяемые компетенции |
|------|--|-------------------------|
| 61   | Какие характеристики позволяют идентифицировать ионный канал.  | ПК-6 (ПК-6.2)           |
|      | Эталон ответа:<br>Характеристики, которые позволяют идентифицировать ионный канал:<br>- Проводимость;<br>- вероятность открытого состояния;<br>- потенциал реверсии. |                         |

| № KB | Контрольный вопрос   | Проверяемые компетенции |
|------|--|-------------------------|
| 62   | Из какого соотношения можно получить значения проводимости и потенциала реверсии.                              | ПК-6 (ПК-6.2)           |
|      | Эталон ответа:<br>Значения проводимости и потенциала реверсии можно получить из вольт-амперной характеристики. |                         |

| № KB | Контрольный вопрос  | Проверяемые компетенции |
|------|---|-------------------------|
| 63   | Для чего может быть использованы блокаторы ионных каналов.  | ПК-6 (ПК-6.2)           |
|      | Эталон ответа:<br>Блокаторы ионных каналов используются в фундаментальных исследований, в терапии некоторых заболеваний, для местной анестезии. |                         |

| № KB | Контрольный вопрос   | Проверяемые компетенции |
|------|--|-------------------------|
| 64   | Какие значения потенциала покоя для: нейрона, кардиомиоцита, пейсмекерной клетки.  | ПК-6 (ПК-6.1)           |
|      | Эталон ответа:<br>Значения потенциала покоя для нейрона, кардиомиоцита, пейсмекерной клетки - 70 мВ, -80 мВ, -60 мВ, соответственно. |                         |

| № KB | Контрольный вопрос  | Проверяемые компетенции |
|------|---|-------------------------|
| 65   | Какие структуры имеет в своем составе потенциал-управляемый ионный канал  | ПК-6 (ПК-6.2)           |
|      | Эталон ответа:<br>Сенсор напряжения, порообразующий домен, селективный фильтр, воротный механизм – структуры, имеющие в своем составе потенциал-управляемый ионный канал. |                         |

| № KB | Контрольный вопрос   | Проверяемые компетенции |
|------|--|-------------------------|
| 66   | Что такое вольт-амперная характеристика канала.  | ПК-6 (ПК-6.2)           |
|      | Эталон ответа:<br>Вольт-амперная характеристика канала – это соотношение амплитуды силы тока, протекающего через канал к величине трансмембранного потенциала. Эта характеристика является уникальной для каждого типа ионных каналов. |                         |

| № KB | Контрольный вопрос   | Проверяемые компетенции |
|------|--|-------------------------|
| 67   | С использованием каких методов можно измерить активность некоторых ионных каналов, помимо метода локальной фиксации потенциала.          | ПК-6 (ПК-6.2)           |
|      | Эталон ответа:<br>Прижизненная флуоресцентная микроскопия с использованием чувствительных зондов;<br>Измерение тока короткого замыкания. |                         |

| № KB | Контрольный вопрос   | Проверяемые компетенции |
|------|--|-------------------------|
| 68   | Какие реагенты устраняют инактивацию потенциал-управляемого натриевого канала.   | ПК-6 (ПК-6.2)           |
|      | Эталон ответа:<br>Протеолитические ферменты, пептидные токсины, алколоидные нейротоксины – реагенты, которые устраняют инактивацию потенциал-управляемого натриевого канала. |                         |

| № KB | Контрольный вопрос  | Проверяемые компетенции |
|------|---|-------------------------|
| 69   | Что такое «Ионное равновесие».  | ПК-6 (ПК-6.1)           |
|      | Эталон ответа:<br>«Ионное равновесие» - это уравнивание перемещения ионов через мембрану по химическому градиенту (разница концентраций ионов по обе стороны клеточной мембраны) противоположным перемещением ионов по электрическому градиенту (разность потенциалов по обе стороны клеточной мембраны). |                         |

| № KB | Контрольный вопрос  | Проверяемые компетенции           |
|------|---|-----------------------------------|
| 70   | Что такое «Электрохимический градиент».   | ОПК-2 (ОПК-2.3),<br>ПК-6 (ПК-6.1) |
|      | Эталон ответа:<br>«Электрохимический градиент»- это совокупность трансмембранной разницы в концентрации данных ионов и напряжения электрического поля (разности |                                   |

|   |  |
|---|--|
| потенциалов между наружной и внутренней поверхностями клеточной мембраны), определяющая силу и направление ионного тока через ионный канал. |  |
|---|--|

### Алгоритмы умений

#### Раздел 1. Общие принципы биофизики ионных каналов

1. Обучающийся демонстрирует навыки работы с оборудованием для регистрации ионных токов методом локальной фиксации потенциала.
2. Обучающийся демонстрирует навыки владения алгоритмами расчетов биофизических характеристик мембран электровозбудимых клеток.
3. Обучающийся демонстрирует навыки анализа электрофизиологических экспериментальных данных.
4. Обучающийся демонстрирует навыки использования протоколов для регистрации потенциал-зависимого натриевого тока.

#### Раздел 2. Структурно-функциональное многообразие ионных каналов

1. Обучающийся демонстрирует навыки использования протоколов для регистрации потенциал-зависимого калиевого тока.
2. Обучающийся демонстрирует навыки использования протоколов для регистрации потенциал-зависимого кальциевого тока.
3. Обучающийся демонстрирует навыки использования протоколов для регистрации спонтанных и вызванных потенциалов действия.
4. Обучающийся демонстрирует навыки приготовления буферных растворов и использования фармакологических препаратов для регистрации различных ионных токов.

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

### Контрольные вопросы

| № КВ | Контрольный вопрос   | Проверяемые компетенции |
|------|--|-------------------------|
| 1    | Объяснить принципы работы и привести примеры ионных насосов.<br>Эталон ответа:<br>примером ионного насоса служат натрий-калиевая АТФаза, протонная АТФаза, кальциевая АТФаза. Натрий-калиевая АТФаза работает по принципу антипорта, пропуская 2 иона калия в клетку, выпуская 3 иона натрия из клетки | УК-1 (УК-1.1)           |

| № КВ | Контрольный вопрос   | Проверяемые компетенции |
|------|--|-------------------------|
| 2    | Объяснить принципы работы и привести примеры белков транспортеров.<br>Эталон ответа:<br>белками-транспортерами являются интегральные белки плазмалеммы, участвующие в транспорте сахаров, аминокислот и др. метаболитов. К ним можно отнести, в частности, ионные каналы – например ионные каналы суперсемейства TRP (transient receptor potential). | ПК-6 (ПК-6.1)           |

| № КВ | Контрольный вопрос | Проверяемые компетенции |
|------|--------------------|-------------------------|
|------|--------------------|-------------------------|

|   |  |                 |
|---|--|-----------------|
| 3 | Объяснить принципы структурно-функциональной организации ионных каналов  | ОПК-2 (ОПК-2.1) |
|   | Эталон ответа:<br>Ионные каналы клетки представляют собой трансмембранные белковые структуры с молекулярными системами открытия, закрытия, селективности, инактивации и регуляции. |                 |

| № KB | Контрольный вопрос  | Проверяемые компетенции |
|------|---|-------------------------|
| 4    | Объяснить механизм ионной селективности каналов.  | УК-1 (УК-1.1)           |
|      | Эталон ответа:<br>По селективности различают натриевые (Na <sup>-</sup> ), калиевые (K <sup>-</sup> ), кальциевые (Ca <sup>-</sup> ), хлорные (Cl <sup>-</sup> ) каналы. Селективность каналов определяется размерами селективного фильтра и поры канала, размерами иона и его гидратной оболочки, зарядом иона, а также зарядом внутренней поверхности канала. |                         |

| № KB | Контрольный вопрос  | Проверяемые компетенции |
|------|---|-------------------------|
| 5    | Объяснить механизм формирования мембранного потенциала покоя.   | УК-1 (УК-1.1)           |
|      | Эталон ответа:<br>Мембранный потенциал покоя формируется за счет градиента ионов (натрия, калия, хлора) по разные стороны от мембраны. Этот градиент ионов поддерживается работой ионных каналов и насосов. |                         |

| № KB | Контрольный вопрос   | Проверяемые компетенции |
|------|--|-------------------------|
| 6    | Объяснить уравнение Нернста.   | УК-1 (УК-1.1)           |
|      | Эталон ответа:<br>Уравнение Нернста описывает математическую модель условной клетки, с точки зрения транспорта одного типа ионов. Показывает значение трансмембранного равновесного потенциала, при котором направления входа и выхода ионов уравновешивают друг друга |                         |

| № KB | Контрольный вопрос  | Проверяемые компетенции |
|------|---|-------------------------|
| 7    | Объяснить уравнение Голдмана-Ходжкина-Катца.  | УК-1 (УК-1.1)           |
|      | Эталон ответа:<br>Уравнение Голдмана-Ходжкина-Катца позволяет высчитать значение трансмембранного потенциала покоя для клетки исходя из значений концентраций ионов по обе стороны мембраны клетки. |                         |

| № KB | Контрольный вопрос   | Проверяемые компетенции |
|------|--|-------------------------|
| 8    | Объяснить основные принципы модели Ходжкина-Хаксли.  | УК-1 (УК-1.1)           |
|      | Эталон ответа:<br>Это математическая модель, описывающая генерацию и распространение потенциалов действия в нейронах. Модель была разработана Аланом Ллойдом Ходжкином и Эндрю Хаксли в 1952 году для описания электрических механизмов, которые обуславливают генерацию и передачу нервного сигнала в гигантском аксоне кальмара. За это авторы модели получили Нобелевскую премию в области физиологии и медицины в 1963 году. |                         |

| № KB | Контрольный вопрос   | Проверяемые компетенции |
|------|--|-------------------------|
| 9    | Что такое воротный ток и как его зарегистрировать.   | УК-1 (УК-1.1)           |
|      | Эталон ответа:<br>Активация натриевой и калиевой проводимостей при деполяризации должна быть связана со смещением заряда внутри клетки. Эти смещения называются воротными токами. Воротный ток - изменение заряда элементов клеточной мембраны, связанное с открытием или закрытием каналов. Один из возможных способов записи воротного тока состоит в сложении токов, производимых скачками потенциала одинаковой величины и противоположной полярности. |                         |

| № KB | Контрольный вопрос   | Проверяемые компетенции |
|------|--|-------------------------|
| 10   | Описать ионные токи потенциала действия нейрона.   | ОПК-2 (ОПК-2.1)         |
|      | Эталон ответа:<br>В потенциале действия нейрона выделяют три фазы, в каждой активны разные ионные каналы:<br>- фаза деполяризации: активны потенциал-управляемые натриевые каналы<br>- фаза реполяризации: активны потенциал-управляемые калиевые каналы<br>- фаза гиперполяризации: активны потенциал-управляемые калиевые каналы и хлорные каналы. |                         |

| № KB | Контрольный вопрос  | Проверяемые компетенции  |
|------|---|--|
| 11   | Описать ионные токи, лежащие в основе генерации пейсмекерных потенциалов.   | УК-1 (УК-1.1),<br>ОПК-2 (ОПК-2.2.,<br>ОПК-2.3),<br>ПК-6 (ПК-6.2) |
|      | Эталон ответа:<br>Медленная диастодическая деполяризация развивается из-за активности каналов HCN, - активируемые гиперполяризацией циклонуклеотид-зависимые каналы. После этого активируются низкопороговые потенциал-зависимые Ca <sup>2+</sup> каналы T-типа, затем с более высоким порогом Ca <sup>2+</sup> каналы L-типа. Так развивается потенциал действия пейсмекерной клетки. Фаза реполяризации обеспечивается активацией потенциал-управляемых калиевых каналов. |  |

| № KB | Контрольный вопрос   | Проверяемые компетенции                   |
|------|--|---|
| 12   | Объяснить механизм распространения потенциала действия.  | ОПК-2 (ОПК-2.2),<br>ПК-6 (ПК-6.1, ПК-6.2) |
|      | Эталон ответа:<br>Распространение потенциала действия по поверхности нервной клетки основано на том, что локальное обращение мембранного потенциала стимулирует открывание соседних потенциал-управляемых ионных каналов, в результате чего возбуждение распространяется в виде деполяризационной волны на всю клетку. |   |

| № KB | Контрольный вопрос  | Проверяемые компетенции |
|------|---|-------------------------|
| 13   | Описать потенциал-зависимость активации и инактивации ионных каналов.   | ОПК-2 (ОПК-2.3)         |
|      | Эталон ответа:<br>Потенциал-зависимость активации и инактивации ионных каналов, например, потенциал-управляемых ионных каналов, связана с трансмембранным сегментом 4 («сенсор напряжения») - этот сегмент содержит положительно-заряженные |                         |

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | остатки аминокислот, и способен менять свою топологию в мембране в зависимости от значения трансмембранного потенциала, тем самым меняя конформацию белка, что приводит либо а активации, либо инактивации канала. |  |
|--|--|--|

| № KB | Контрольный вопрос  | Проверяемые компетенции |
|------|---|-------------------------|
| 14   | <p>Описать топологию и характеристики токов потенциал-зависимого натриевого канала.</p> <p>Эталон ответа:<br/>Топология потенциал-зависимого натриевого канала: канал состоит из порообразующей альфа-субъединицы и вспомогательных бета-субъединиц (бета1-бета4). Альфа-субъединица является полипептидной цепью, состоящей из четырех доменов (D1-D4), каждый из которых состоит из 6 трансмембранных сегментов (S1-S6). Петля между S5-S6 сегментами каждого из четырех доменов участвует в образовании поры.</p> <p>Характеристики токов потенциал-зависимых ионных каналов: большинство каналов имеют быструю кинетику. Проводимость одиночного канала мала и не превышает 10 пСм. Блокатор – тетродотоксин.</p> | ОПК-2 (ОПК-2.3)         |

| № KB | Контрольный вопрос   | Проверяемые компетенции |
|------|--|-------------------------|
| 15   | <p>Описать топологию и характеристики токов эпителиального натриевого канала.</p> <p>Эталон ответа:<br/>Топология эпителиального натриевого канала – канал представляет собой гетеротример, образован тремя субъединицами (альфа, бета, гамма) в соотношении 1:1:1. Каждая субъединица состоит из двух трансмембранных сегментов и большой внеклеточной петли между ними.</p> <p>Характеристики токов эпителиального натриевого канала: Проводимость <math>E_{NaC}</math> для ионов <math>Na^+</math> при концентрациях <math>Na^+ &gt; 100</math> и комнатной температуре составляет примерно 4-5 пикосименс, Токи блокируются диуретиком амилоридом в субмикромолекулярной концентрации.</p> | ОПК-2 (ОПК-2.3)         |

| № KB | Контрольный вопрос   | Проверяемые компетенции |
|------|--|-------------------------|
| 16   | <p>Описать топологию и характеристики токов потенциал-зависимых калиевых каналов.</p> <p>Эталон ответа:<br/>Топология: 4 порообразующие альфа-субъединицы образуют тетрамер. Каждая субъединица содержит трансмембранные сегменты S1-S6, S4 – сенсор напряжения, петля между S5-S6 участвует в образовании поры. Есть регуляторные бета субъединицы.</p> <p>Характеристика токов: задержанная активация при деполяризации. Ингибитор – тетраэтиламмоний.</p> | ОПК-2 (ОПК-2.3)         |

| № KB | Контрольный вопрос   | Проверяемые компетенции |
|------|--|-------------------------|
| 17   | <p>Описать структуру и функции риадинового и инозитолтрифосфатного рецепторов.</p> <p>Эталон ответа:<br/>Риадиновый и инозитолтрифосфатный рецепторы – лиганд-управляемые кальциевые каналы, расположенные на внутриклеточных мембранах.</p> | ОПК-2 (ОПК-2.3)         |



|  |   |  |
|--|---|--|
|  | <p>Структура: являются гомотетрамерами, каждая субъединица состоит из шести трансмембранных сегментов.</p> <p>Функции: после связи с лигандом (активатором) обеспечивают выход ионов кальция из внутриклеточного кальциевого депо в цитоплазму. Играют важную роль при мышечном сокращении.</p> |  |
|--|---|--|

| № KB | Контрольный вопрос  | Проверяемые компетенции |
|------|---|-------------------------|
| 18   | <p>Описать структуру и функции кальций-проницаемых неселективных катионных каналов.</p> <p>Эталон ответа:<br/>Структура каналов суперсемейства TRP: порообразующая субъединица состоит из 6 трансмембранных сегментов (S1-S6). Регуляторных субъединиц нет. Выделяют семейства: TRPA, TRPC, TRPV, TRPP, TRPM, TRPML<br/>Функции каналов: терморецепция, пропускание ионов кальция и натрия. TRP каналы являются уникальными по своей способности активироваться независимо от деполяризации мембраны. Например, TRPC6 являются структурной компонентой щелевой диафрагмы.</p> | ПК-6 (ПК-6.1)           |

| № KB | Контрольный вопрос   | Проверяемые компетенции           |
|------|--|-----------------------------------|
| 19   | <p>Описать структуру и функции хлоридных каналов.</p> <p>Эталон ответа:<br/>Структура: Каналы включают от 10 до 12 трансмембранных сегментов, образующих в клеточной мембране единственную пору. Активация каналов может происходить под действием потенциала, кальция, различных внеклеточных лигандов или pH<br/>Функции: хлоридные каналы играют важную роль в установлении мембранного потенциала покоя и поддержании нормального объёма клетки. Как правило, эти каналы способны переносить не только ионы хлора Cl<sup>-</sup>, но и HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, I<sup>-</sup>, SCN<sup>-</sup> и NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.</p> | ОПК-2 (ОПК-2.1),<br>ПК-6 (ПК-6.1) |

| № KB | Контрольный вопрос   | Проверяемые компетенции |
|------|--|-------------------------|
| 20   | <p>Описать структуру и функции протон-активируемых каналов.</p> <p>Эталон ответа:<br/>ASIC ионные каналы относятся к суперсемейству DEG/ENAC. Являются тримерными. Экспрессируются в ЦНС и ПНС. Проводят ионы натрия и кальция в ответ на закисление внеклеточной среды, могут участвовать в синаптической передаче.</p> | ПК-6 (ПК-6.1)           |

| № KB | Контрольный вопрос  | Проверяемые компетенции |
|------|---|-------------------------|
| 21   | <p>Объяснить принцип передачи сигналов через ионотропные и метаботропные рецепторы.</p> <p>Эталон ответа:<br/>Ионотропные рецепторы непосредственно связаны с ионными каналами клетки. Ионотропные рецепторы – это путь быстрой передачи сигнала и образования Пост-синаптической передачи без изменения процессов метаболизма в клетке. Примером могут служить ГАМК-рецепторы.<br/>Метаботропные рецепторы не имеют прямой связи с ионными каналами на</p> | ОПК-2 (ОПК-2.3)         |

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | поверхности клетки или её везикул и осуществляют передачу сигнала на них через те или иные внутриклеточные сигнальные механизмы, нередко — через G-белки. Примером может служить рецептор к ангиотензину-II. |  |
|--|--|--|

| № KB | Контрольный вопрос  | Проверяемые компетенции        |
|------|---|--------------------------------|
| 22   | <p>Описать принципы регуляции лиганд-зависимых ионных каналов.</p> <p>Эталон ответа:<br/>           Это трансмембранные белки ионных каналов, которые позволяют ионам, например, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup> и/или Cl<sup>-</sup>, проходить через биологическую мембрану, посредством изменения конформации (открытия) в ответ на связывание химического мессенджера (то есть лиганда), такого как, например, молекулы нейромедиатора. Каналы открываются при конформационном связывании лиганда с рецепторной частью канала.</p> | ОПК-2 (ОПК-2.3), ПК-6 (ПК-6.1) |

| № KB | Контрольный вопрос  | Проверяемые компетенции        |
|------|---|--------------------------------|
| 23   | <p>Описать принципы регуляции мессенджер-зависимых ионных каналов.</p> <p>Эталон ответа:<br/>           Каналы TRPC6, в частности, активируются DAG (компонент фосфоинозитидного каскада). Т.е. при активации рецептора, сопряженного с G-белком (рецептор к ангиотензину-II) активируется фосфолипаза C, которая стимулирует активность каналов TRPC6 посредством диацилглицерола.</p> | ОПК-2 (ОПК-2.3), ПК-6 (ПК-6.1) |

| № KB | Контрольный вопрос  | Проверяемые компетенции        |
|------|---|--------------------------------|
| 24   | <p>Описать структуру и функции никотинового ацетилхолинового рецептора.</p> <p>Эталон ответа:<br/>           Данный ионотропный рецептор является гетероолигомерным комплексом, состоящим из четырех разных белковых субъединиц. При естественной экспрессии в клетке сначала возникают димерные комплексы <math>\alpha</math>-<math>\gamma</math> и <math>\alpha</math>-<math>\delta</math>, потом формируется тример <math>\alpha</math>-<math>\beta</math>-<math>\delta</math>, и наконец, после объединения димера и тримера, в клеточную мембрану встраивается функциональный пентамер со стехиометрией <math>\alpha_2\beta\gamma\delta</math>.<br/>           Функции: обеспечивает передачу нервного импульса через нервно-мышечные синапсы и активируется ацетилхолином, а также никотином.</p> | ОПК-2 (ОПК-2.3), ПК-6 (ПК-6.1) |

| № KB | Контрольный вопрос   | Проверяемые компетенции |
|------|--|-------------------------|
| 25   | <p>Описать структуру и функции ГАМК и глициновых рецепторов.</p> <p>Эталон ответа:<br/>           Это ионотропные рецепторы: ГАМК и глициновые рецепторы расположены в постсинаптической мембране, тормозят передачу нервного импульса.<br/>           Функционирующий ГАМК и глициновые рецепторы представляет собой гетеропентамеры.</p> | ПК-6 (ПК-6.2)           |

| № KB | Контрольный вопрос   | Проверяемые компетенции |
|------|--|-------------------------|
| 26   | <p>Описать принципы передачи сигнала в химическом синапсе.</p> <p>Эталон ответа:</p> | ПК-6 (ПК-6.2)           |

|  |   |  |
|--|---|--|
|  | В химическом синапсе передача сигнала осуществляется посредством медиатора, который высвобождается из пре-синаптической мембраны, и связывается со своим ионотропным рецептором на пост-синаптической мембране, регулируя значение потенциала на мембране |  |
|--|---|--|

| № KB | Контрольный вопрос  | Проверяемые компетенции |
|------|---|-------------------------|
| 27   | Описать структуру и функции коннексонов.  | ПК-6 (ПК-6.2)           |
|      | Эталон ответа:<br>Коннексоны двух клеток образуют целевой контакт, в частности, между двумя нейронами при электрическом синапсе. Каждый коннексон состоит из шести коннексинов. |                         |

| № KB | Контрольный вопрос  | Проверяемые компетенции |
|------|---|-------------------------|
| 28   | Описать адреналин-зависимый сигнальный каскад регуляции ионных каналов в кардиомиоцитах.  | ПК-6 (ПК-6.2)           |
|      | Эталон ответа:<br>Адреналин активирует If-ток (HCN каналы) в кардиомиоцитах. За счет увеличения вероятности нахождения f-каналов в открытом состоянии, что отражается в смещении кривой зависимости величины If тока от приложенного потенциала в область более положительных значений.<br>В результате взаимодействия адреналина с $\beta$ -адренорецепторами, экспрессированными на поверхности пейсмекерных клеток, происходит активация аденилатциклазы и увеличение внутриклеточной концентрации цАМФ, который непосредственно связывается с белком f-канала и увеличивает If ток. |                         |

| № KB | Контрольный вопрос   | Проверяемые компетенции |
|------|--|-------------------------|
| 29   | Описать ионные механизмы синдрома Бругада.   | ПК-6 (ПК-6.1)           |
|      | Эталон ответа:<br>Синдром Бругада возникает в результате мутаций, которые<br>- уменьшают входящие потоки натрия или кальция<br>- ускоряют выход ионов калия наружу<br>Эти нарушения приводят к ранней потере плато потенциала действия.<br>Большинство мутаций находятся в гене SCN5A, приводя к уменьшению активности потенциал-управляемых натриевых каналов Nav1.5, что приводит к нарушению проводимости кардиомиоцитов. |                         |

| № KB | Контрольный вопрос  | Проверяемые компетенции  |
|------|---|--------------------------|
| 30   | Описать ионные механизмы почечных каналопатий.  | ОПК-2 (ОПК-2.2, ОПК-2.3) |
|      | Эталон ответа:<br>Увеличение активности при мутации ионных каналов TRPC6 вызывает развитие фокально-сегментарного гломерулосклероза. При этом синдроме в подоцитах увеличивается уровень внутриклеточного кальция, нарушение ультраструктуры щелевой диафрагмы, и, как следствие, происходит сплывание подоцитов. |                          |

| № KB | Контрольный вопрос | Проверяемые компетенции |
|------|--------------------|-------------------------|
|------|--------------------|-------------------------|

|    |   |                                 |
|----|---|---------------------------------|
| 31 | Описать ионные механизмы трансдукции в обонятельных рецепторах.   | УК-1 (УК-1.1),<br>ПК-6 (ПК-6.1) |
|    | Эталон ответа:<br>Обонятельный рецептор является рецептором, сопряженным с G-белком. После взаимодействия с лигандом, запускается либо аденилатциклазный сигнальный каскад, либо фосфолипазный. Что приводит к деполяризации обонятельного нейрона. |                                 |

| № KB | Контрольный вопрос   | Проверяемые компетенции |
|------|--|-------------------------|
| 32   | Какие существуют способы активации ионных каналов.   | ПК-6 (ПК-6.1)           |
|      | Эталон ответа:<br>Способы активации ионных каналов:<br>- Активация физическими изменениями,<br>- Активация химическими веществами. |                         |

| № KB | Контрольный вопрос  | Проверяемые компетенции |
|------|---|-------------------------|
| 33   | Что вызывает норадреналин в кардиомиоцитах.   | ПК-6 (ПК-6.1)           |
|      | Эталон ответа:<br>Норадреналин в кардиомиоцитах фосфорилирует кальциевые ионные каналы. |                         |

| № KB | Контрольный вопрос   | Проверяемые компетенции |
|------|--|-------------------------|
| 34   | Какие функции есть у вспомогательных субъединиц.   | ПК-6 (ПК-6.1)           |
|      | Эталон ответа:<br>Функции вспомогательных субъединиц:<br>Модуляторная, структурная, стабилизирующая. |                         |

| № KB | Контрольный вопрос  | Проверяемые компетенции |
|------|---|-------------------------|
| 35   | Какие подходы описывают транспорт ионов через ионный канал. | УК-1 (УК-1.1)           |
|      | Эталон ответа:<br>Дискретный, непрерывный.                  |                         |

| № KB | Контрольный вопрос  | Проверяемые компетенции |
|------|---|-------------------------|
| 36   | Какие есть принципы активации механочувствительных ионных каналов.  | ПК-6 (ПК-6.1)           |
|      | Эталон ответа:<br>Принципы активации механочувствительных ионных каналов:<br>- изменение кривизны мембраны<br>- латеральное растяжение мембраны<br>- воздействие на внеклеточные молекулярные мостики<br>- воздействие на внутриклеточные структуры |                         |

| № KB | Контрольный вопрос                       | Проверяемые компетенции |
|------|--|-------------------------|
| 37   | Какие каналы отвечают за транспорт воды. | ПК-6 (ПК-6.1)           |
|      | Эталон ответа:                           |                         |

|             |  |                                |
|-------------|--|--------------------------------|
|             | Каналы, которые отвечают за транспорт воды - Аквапорины.   |                                |
| <b>№ KB</b> | <b>Контрольный вопрос</b>  | <b>Проверяемые компетенции</b> |
| <b>38</b>   | Что такое «перехват Ранвье».<br>Эталон ответа:<br>«Перехват Ранвье» - безмиелиновое пространство на аксоне нейрона, где сосредоточены ионные каналы и происходит возобновление и усиление передачи потенциала действия.                    | ПК-6 (ПК-6.1)                  |
| <b>№ KB</b> | <b>Контрольный вопрос</b>  | <b>Проверяемые компетенции</b> |
| <b>39</b>   | Какие существуют механизмы действия местных анестетиков.<br>Эталон ответа:<br>Механизмы действия местных анестетиков:<br>- Непосредственно блокирование поры канала;<br>- опосредованно через изменение липидного окружения канала.        | ПК-6 (ПК-6.1)                  |
| <b>№ KB</b> | <b>Контрольный вопрос</b>  | <b>Проверяемые компетенции</b> |
| <b>40</b>   | Какие каналы регулируют уровень синтеза инсулина в бета-клетках поджелудочной железы.<br>Эталон ответа:<br>Каналы, которые регулируют уровень синтеза инсулина в бета-клетках поджелудочной железы:<br>АТФ-чувствительные калиевые каналы. | ПК-6 (ПК-6.1)                  |
| <b>№ KB</b> | <b>Контрольный вопрос</b>  | <b>Проверяемые компетенции</b> |
| <b>41</b>   | Какие характеристики позволяют идентифицировать ионный канал.<br>Эталон ответа:<br>Характеристики, которые позволяют идентифицировать ионный канал:<br>- Проводимость;<br>- вероятность открытого состояния;<br>- потенциал реверсии.      | ПК-6 (ПК-6.2)                  |
| <b>№ KB</b> | <b>Контрольный вопрос</b>  | <b>Проверяемые компетенции</b> |
| <b>42</b>   | Из какого соотношения можно получить значения проводимости и потенциала реверсии.<br>Эталон ответа:<br>Значения проводимости и потенциала реверсии можно получить из вольт-амперной характеристики.  | ПК-6 (ПК-6.2)                  |
| <b>№ KB</b> | <b>Контрольный вопрос</b>  | <b>Проверяемые компетенции</b> |
| <b>43</b>   | Для чего может быть использованы блокаторы ионных каналов.<br>Эталон ответа:   | ПК-6 (ПК-6.2)                  |

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | Блокаторы ионных каналов используются в фундаментальных исследованиях, в терапии некоторых заболеваний, для местной анестезии. |  |
|--|--|--|

| № KB | Контрольный вопрос   | Проверяемые компетенции |
|------|--|-------------------------|
| 44   | Какие значения потенциала покоя для: нейрона, кардиомиоцита, пейсмекерной клетки.  | ПК-6 (ПК-6.1)           |
|      | Эталон ответа:<br>Значения потенциала покоя для нейрона, кардиомиоцита, пейсмекерной клетки - 70 мВ, -80 мВ, -60 мВ, соответственно. |                         |

| № KB | Контрольный вопрос  | Проверяемые компетенции |
|------|---|-------------------------|
| 45   | Какие структуры имеет в своем составе потенциал-управляемый ионный канал  | ПК-6 (ПК-6.2)           |
|      | Эталон ответа:<br>Сенсор напряжения, порообразующий домен, селективный фильтр, воротный механизм – структуры, имеющие в своем составе потенциал-управляемый ионный канал. |                         |

| № KB | Контрольный вопрос   | Проверяемые компетенции |
|------|--|-------------------------|
| 46   | Что такое вольт-амперная характеристика канала.  | ПК-6 (ПК-6.2)           |
|      | Эталон ответа:<br>Вольт-амперная характеристика канала – это соотношение амплитуды силы тока, протекающего через канал к величине трансмембранного потенциала. Эта характеристика является уникальной для каждого типа ионных каналов. |                         |

| № KB | Контрольный вопрос   | Проверяемые компетенции |
|------|--|-------------------------|
| 47   | С использованием каких методов можно измерить активность некоторых ионных каналов, помимо метода локальной фиксации потенциала.          | ПК-6 (ПК-6.2)           |
|      | Эталон ответа:<br>Прижизненная флуоресцентная микроскопия с использованием чувствительных зондов;<br>Измерение тока короткого замыкания. |                         |

| № KB | Контрольный вопрос   | Проверяемые компетенции |
|------|--|-------------------------|
| 48   | Какие реагенты устраняют инактивацию потенциал-управляемого натриевого канала.   | ПК-6 (ПК-6.2)           |
|      | Эталон ответа:<br>Протеолитические ферменты, пептидные токсины, алколоидные нейротоксины – реагенты, которые устраняют инактивацию потенциал-управляемого натриевого канала. |                         |

| № KB | Контрольный вопрос             | Проверяемые компетенции |
|------|--------------------------------|-------------------------|
| 49   | Что такое «Ионное равновесие». | ПК-6 (ПК-6.1)           |

|  |   |  |
|--|---|--|
|  | <p>Эталон ответа:<br/>«Ионное равновесие» - это уравнивание перемещения ионов через мембрану по химическому градиенту (разница концентраций ионов по обе стороны клеточной мембраны) противоположным перемещением ионов по электрическому градиенту (разность потенциалов по обе стороны клеточной мембраны).</p> |  |
|--|---|--|

| № KB | Контрольный вопрос   | Проверяемые компетенции        |
|------|--|--------------------------------|
| 50   | <p>Что такое «Электрохимический градиент».</p> <p>Эталон ответа:<br/>«Электрохимический градиент»- это совокупность трансмембранной разницы в концентрации данных ионов и напряжения электрического поля (разности потенциалов между наружной и внутренней поверхностями клеточной мембраны), определяющая силу и направление ионного тока через ионный канал.</p> | ОПК-2 (ОПК-2.3), ПК-6 (ПК-6.1) |