

# Белорусский государственный университет



**УТВЕРЖДАЮ**  
Проректор по учебной работе

А.Л. Толстик

« 01 » ноября 2016 г.

Регистрационный № УД - 3248 /уч.

## Биосенсорные системы

**Учебная программа учреждения высшего образования  
по учебной дисциплине для специальностей:**

1-31 01 01 Биология (по направлениям)  
направлений специальности

1-31 01 01-01 Биология (научно-производственная деятельность),

1-31 01 01-03 Биология (биотехнология);

1-31 01 03 Микробиология

2016 г.

Учебная программа составлена на основе ОСВО 1-31 01 01-2013, ОСВО 1-31 01 03-2013 и учебных планов УВО № G31-129/уч. 2013 г., № G31-131/уч. 2013 г., № G31-132/уч. 2013 г., № G31з-156/уч. 2013 г., № G31з-159/уч. 2013 г.

**СОСТАВИТЕЛЬ:**

Крытынская Елена Николаевна, доцент кафедры клеточной биологии и биоинженерии растений Белорусского государственного университета, кандидат биологических наук

**РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:**

Кафедрой клеточной биологии и биоинженерии растений Белорусского государственного университета (протокол № 4 от 20 октября 2016 г.);

Научно-методическим советом Белорусского государственного университета (протокол № 1 от 01 ноября 2016 г.)

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Учебная дисциплина «Биосенсорные системы» относится к вузовскому компоненту цикла специальных дисциплин учебных планов направлений специальности 1-31 01 01-01 Биология (научно-производственная деятельность) и 1-31 01 01-03 Биология (биотехнология), а также специальности 1-31 01 03 Микробиология.

В настоящее время для определения содержания веществ в средах все шире используются различного рода аналитические системы, в которых в качестве структурного компонента применяется биологический материал (ферменты, антитела, клетки, отдельные организмы или их ткани и т. п.), интегрированный или тесно связанный с физико-химическим преобразователем (трансдьюсером). Эти системы принято называть биосенсорными. Биосенсорные системы позволяют обнаруживать широкий спектр аналитов в образцах со сложной матрицей (кровь, сыворотка, моча или пищевые продукты) в условиях минимальной пробоподготовки. Основными характеристиками, позволяющими биосенсорному анализу успешно конкурировать с традиционными методами, являются оперативность, высокая специфичность и чувствительность при низкой стоимости. Разработка биосенсоров относится к наукоемким технологиям и представляет собой одну из ветвей современной биотехнологии. Оптимизация конструкции биосенсоров и выявление факторов, определяющих чувствительность и селективность сигнала, требуют изучения механизма функционирования биосенсоров, различающихся между собой по композиции. Таким образом, учебная дисциплина «Биосенсорные системы» относится к числу прикладных биологических дисциплин.

**Цель учебной дисциплины** – сформировать у обучающихся базу знаний, позволяющую ориентироваться в вопросах устройства, работы биосенсорных систем и их использования в медицине, биотехнологии, экологическом контроле.

### **Задачи учебной дисциплины:**

- ознакомление студентов с основными типами биосенсорных систем, используемых в медицине, биотехнологии, экологии;
- формирование у студентов четкого представления о круге задач, решаемых с использованием биологического анализа, в частности, с помощью биосенсоров;
- получение практических представлений о способах изготовления биосенсоров, приборной базе, используемой для анализа, и определения аналитических параметров биосенсорных систем.

Изучение учебной дисциплины «Биосенсорные системы» базируется на знаниях и умениях, полученных студентами при изучении специальных учебных дисциплин: «Физиология растений», «Микробиология», «Биохимия», «Неорганическая химия», «Аналитическая химия», «Физическая и коллоидная химия».

В результате изучения дисциплины обучаемый должен

**знать:**

- теоретические основы нового направления – биосенсорного исследования, как одной из технологий, сопрягающей биологический материал с электронными преобразователями;
- устройство и принцип действия биосенсорных систем различного типа;
- основные классы биологических тестирующих элементов и типы физико-химических трансдюсеров, применяемых для создания биосенсоров;
- способы иммобилизации биологически тестирующих элементов;
- области применения биосенсорных систем;
- новейшие достижения и перспективы развития биосенсорной техники.

**уметь:**

- обоснованно выбирать, определять степень активности биологически тестирующего элемента и способы включения биологического тестирующего элемента в состав биосенсора,
- обращаться с биосенсорными системами, выбирать оптимальные варианты их применения в зависимости от решаемой практической задачи;
- оценивать аналитические характеристики биосенсоров;
- оценивать экологические и биологические риски внедрения биосенсорных технологий.

**владеть:**

- представлениями об операционных и аналитических характеристиках биосенсорных систем;
- методикой иммобилизации биологического тестирующего элемента;
- принципами конструирования биосенсоров;
- информацией о возможностях и ограничениях применения биосенсоров различных конструкций в определении соединений медико-биологического значения и загрязнителей окружающей среды;

Изучение учебной дисциплины «Биосенсорные системы» должно обеспечить формирование у студента следующих компетенций:

- АК-1. Уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач;
- АК-2. Владеть исследовательскими навыками;
- АК-3. Уметь работать самостоятельно;
- АК-4. Владеть междисциплинарным подходом при решении проблем;
- ПК-2. Способность осваивать новые модели, теории, методы исследования, участвовать в разработке новых методических подходов;
- ПК-3. Осуществлять поиск и анализ данных по изучаемой проблеме в научной литературе, составлять аналитические обзоры;
- ПК-4. Готовить сообщения, доклады и материалы к презентациям;
- ПК-5. Способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития.

В соответствии с учебными планами очной формы получения образования изучение учебной дисциплины осуществляется в 8 семестре. Программа рассчитана на 90 часов, из них аудиторных 36 часов. Распределение по видам занятий: лекции – 18 часов, лабораторные занятия – 12 часов, аудиторный контроль

управляемой самостоятельной работы – 6 часов.

В соответствии с учебными планами заочной формы получения образования изучение учебной дисциплины студентами направления специальности 1-31 01 01-01 Биология (научно-производственная деятельность) осуществляется в 8-9 семестрах, студентами специальности 1-31 01 03 Микробиология – в 10-11 семестрах. Программа рассчитана на 90 часов, из них аудиторных 10 часов. Распределение по видам занятий: лекции – 8 часов, лабораторные занятия – 2 часа.

Форма текущей аттестации по учебной дисциплине – экзамен.

## **СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА**

### **1. ВВЕДЕНИЕ В БИОСЕНСОРИКУ. ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ БИОСЕНСОРНЫХ СИСТЕМ**

Базовые определения. Биосенсоры и биосенсорные устройства – различие и сходство понятий. Примеры коммерческих биосенсоров. Предпосылки становления и хронология развития биосенсорики. Устройство и принцип действия биосенсорных систем. Подходы к классификации, основные типы биосенсоров. Электрохимические сенсоры 1, 2 и 3 поколения. Основные аналитические характеристики. Преимущества использования биосенсоров по сравнению с традиционными физико-химическими методами анализа.

### **2. БИОЛОГИЧЕСКИЙ ТЕСТИРУЮЩИЙ ЭЛЕМЕНТ. ТЕСТ-РЕАКЦИЯ БИОЛОГИЧЕСКОГО ТЕСТИРУЮЩЕГО ЭЛЕМЕНТА**

Аффинные и каталитические биологически тестирующие элементы. Подбор биологического тестирующего элемента при создании биосенсора: критерии отбора. Фермент как элемент биосенсорной системы. Основы ферментативной кинетики. Преимущества и недостатки ферментов как компонента биосенсорной системы. Ферментные электроды. Полиферментные биосенсоры. Изолированные органеллы, клетки и ткани как элемент биосенсорных систем. Основные преимущества и недостатки их использования. Антитела (антигены) как элемент биосенсорной системы. Прямые и непрямые иммуносенсоры. Моно- и поликлональные антитела. Гаптены. Аптамеры как искусственные антитела. Реакция взаимодействия антигена с антителом. Иммуноферментный анализ. Способы регистрации реакции антиген-антитело при создании биосенсоров. Преимущества и недостатки антител как компонента биосенсорной системы. Рецепторы как биологический тестирующий элемент биосенсоров. Нуклеиновые кислоты и олигонуклеотиды: особенности строения, природа комплементарных взаимодействий в двунизовой ДНК. Преимущества и недостатки нуклеиновых кислот как компонента биосенсорной системы.

Тест-реакция биологического тестирующего элемента: основные требования и принципы подбора. Множественность тест-реакций. Тест-реакции, ис-

пользуемые при построении биосенсорных систем на основе ферментов. Тест-реакции, используемые при построении биосенсоров на основе антител. Факторы среды, влияющие на тест-реакцию. Индикаторы тест-реакции.

### 3. СОЗДАНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ БИОСЕНСОРОВ

Способы комбинирования биологического тестирующего элемента и трансдьюсера. Имобилизованные биологические тестирующие элементы: назначение и практические задачи, решаемые иммобилизацией. Методы иммобилизации, их классификация. Требования к протоколу иммобилизации. Реагенты для нековалентной иммобилизации. Бифункциональные реагенты для ковалентной иммобилизации. Конканавалин, авидин (стрептавидин) - биотиновое связывание. Глутаровый альдегид, карбодииимидная сшивка. Сравнительная характеристика методов иммобилизации.

Основные области применения биосенсорных систем. Применение биосенсорных систем в клинической медицине. Требования к медицинским биосенсорам. Неинвазивные сенсоры. Ферментные электроды в биомедицине: принцип действия, примеры реализации. ДНК-диагностика заболеваний. Иммуносенсоры для диагностики аутоиммунных заболеваний. Применение биосенсоров в биотехнологии. Определение продуктов микробиологической промышленности. Различия в требованиях к биосенсорам биомедицинского и биотехнологического назначения. Биосенсоры пищевой промышленности. Контроль качества продуктов питания по основным биомаркерам. Определение витаминов, антиоксидантной емкости с помощью ДНК-сенсоров. Примеры использования биосенсоров для решения специальных задач: старение продуктов питания, оценка возраста вина и крепких спиртных напитков. Биосенсоры эколого-аналитического контроля. Использование ферментных электродов для оценки состояния окружающей среды. Преимущества использования биосенсорных систем при анализе состояния окружающей среды, в медицине, биотехнологии, пищевой промышленности и других отраслях народного хозяйства.

### 4. МЕТОДЫ РЕГИСТРАЦИИ ТЕСТ-РЕАКЦИИ

Классификация трансдьюсеров. Выбор трансдьюсера при создании биосенсора: критерии отбора. Электрохимические методы анализа тест-реакции. Основные термины и понятия потенциометрии. Виды электрохимических ячеек. Электрохимические трансдьюсеры. Индикаторные электроды и электроды сравнения. Мембранные (ионоселективные) электроды: устройство и принципы функционирования. Ионоселективные полевые транзисторы. Планарные электроды. Потенциометрические ферментные электроды. Амперометрические трансдьюсеры. Амперометрические ферментные электроды. Кулонометрические трансдьюсеры. Кондуктометрические трансдьюсеры.

Основные принципы конструирования оптических биосенсоров. Характеристика оптических явлений, на основе которых производится оценка тест-реакции. Оптические трансдьюсеры: колориметрические, спектрометрические,

люминесцентные, нефелометрические, люминесцентные. Флуоресцентные и хемолуминесцентные зонды. Преимущества и недостатки оптических трансдьюсеров. Другие методы регистрации состояния биологического тестирующего элемента.

## **5. БИОСЕНСОРЫ И НАНОТЕХНОЛОГИИ**

Наноструктуры, используемые в биосенсорах: углеродные трубки, углеродные нанорога, углеродные нановолокна, наночастицы металлов, квантовые точки, нанопоры, магнитные наночастицы, пленки Ленгмюра—Блоджетт. Как наноматериалы влияют на характеристики биосенсоров. Пьезокварцевые биосенсоры. Преимущества электрохимических биосенсоров на основе наноматериалов в отличие от классических биосенсоров.

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
(дневная форма получения образования)

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	2	4	5	6	8	7	9
<b>1</b>	Введение в биосенсорику	2			2			Устный опрос, проверка рабочих тетрадей
	Подходы к классификации, основные типы биосенсоров	2						
<b>2</b>	Биологические тестирующие элементы.	2			2		2	Письменная контрольная работа. Проверка рабочих тетрадей.
	Тест-реакция биологического тестирующего элемента	2						
<b>3</b>	Способы комбинирования биологического тестирующего элемента и трансдьюсера	2			4			
	Основные области применения биосенсорных систем	2						
<b>4</b>	Методы регистрации тест-реакции. Электрохимические трансдьюсеры	2			4		2	Письменная контрольная работа. Проверка рабочих тетрадей.
	Основные принципы конструирования оптических биосенсоров. Оптические трансдьюсеры	2						
<b>5</b>	Биосенсоры и нанотехнологии	2					2	Компьютерное тестирование



**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
(заочная форма получения образования)

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	Введение в биосенорику	2						
2	Биологический тестирующий элемент. Тест-реакция биологического тестирующего элемента	2			2			Устный опрос, проверка рабочих тетрадей
3	Создание и применение биосенсоров	2						
4	Методы регистрации тест-реакции	2						

# ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

## ЛИТЕРАТУРА

### Основная

1. Кудряшов, А.П. Биосенсорные устройства: Курс лекций / А.П. Кудряшов – Мн:БГУ, 2003. – 113 с.
2. Эггинс, Б. Химические и биологические сенсоры / Б.Эггинс ; Пер. с англ.: М.А.Слинкин ; Доп.: Т.М.Зими́на, В.В.Лучинин . – М. : Техносфера, 2005. – 335 с.
3. Евтюгин Г.А., Будников Г.К., Стойкова Е.Е. Основы биосенсорики: Учебное пособие. - Казань: Казанский гос. ун-т, 2007. - 80 с.
4. Биосенсорные системы в медицине и экологии: Учеб. пособие / И. С. Захаров, А. В. Пожаров, Т. В. Гурская, А. Д. Финогенов // С.-Петербург. гос. ун-т телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича. - СПб: СПбГУТ, 2003. - 119.
5. Юрин, В. М. Имобилизованные клетки и ферменты : курс лекций/В.М. Юрин.- Минск: БГУ, 2006. - 133 с.
6. Бердников, А.В. Медицинские приборы, аппараты, системы и комплексы. Часть I. Технические методы и аппараты для экспресс-диагностики /А .В. Бердников, М.В. Семко, Ю.А. Широкова Учебное пособие // Казань: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2004.
7. Биосенсоры: основы и приложения / Под ред. Э.Тернер, И.Карубе, Дж.Уилсон. М.: Мир, 1992 – 614 с.
8. Андреев В. С. Кондуктометрические методы и приборы в биологии и медицине. - М.: Медицина, 1993 - 336с.
9. Штыков, С. Н. Наноматериалы и нанотехнологии в химических и биохимических сенсорах: возможности и области применения [Текст] / С. Н. Штыкова, Т. Ю. Русанова // Российский Химический Журнал (ЖРХО им. Д.И.Менделеева). - 2008. - Т. 52, N 2. - С. 92-100.
- 10.Зядевич, С. В. Биосенсоры на основе ион-селективных полевых транзисторов: теория, технология, практика //Биополимеры и клетка. – 2004. – 20, № 1 – 2. – С. 7 – 16.

### Дополнительная:

1. Власов, Ю.Г. Мультисенсорные системы типа электронный язык – новые возможности создания и применения химических сенсоров / Ю.Г. Власов, А.В. Легин, А.М. Рудницкая // Успехи химии. – 2006. – Т. 75. – № 2. – С. 141-150.
2. Боченков, В.Е., Сергеев Г.Б. Наноматериалы для сенсоров. / В.Е. Боченков, Г.Б. Сергеев // Успехи химии. – 2007. – Т. 76. – № 11. – Р. 1084-1093.
3. Wang, J. Electrochemical glucose biosensors. Chem. Rev. – 2008. – 108. – Р. 814–25.

4. Turner, A.P.F. Biosensors: Sense and sensibility. Chem. Soc. Rev. – 2013. – 42. – P.184–3196.
5. Windmiller, J.R. Wearable Electrochemical Sensors and Biosensors: A Review // J.R.Windmiller, W.J.Wearable // Electroanalysis – 2013. – 25. – P. 29–46.
6. Spring, J. Zinngang (Zinngang) // Sensors and Measurement, New York: Springer, 2010. – 2010. – P. 1747–1763.
7. Ronkainen, N.J. Electrochemical biosensors / N.J.Ronkainen, H.B.Halsall, W.R. Heineman, // Chem. Soc. Rev. 2010. – 39. – P.1747–1763.
8. Walcarius, A. Electrocatalysis, sensors and biosensors in analytical chemistry based on ordered mesoporous and macroporous carbon-modified electrodes. Trends Anal. Chem. –2012. – 38. – P.79–97.

## **ПЕРЕЧЕНЬ КОНТРОЛЬНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ УПРАВЛЯЕМОЙ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ**

1. Письменная контрольная работа №1 «Принципы построения биосенсорных систем. Биологический тестирующий элемент. Тест-реакция биологического тестирующего элемента» - 2 ч.
2. Письменная контрольная работа №2 «Создание и применение биосенсоров. Методы регистрации тест-реакции» – 2ч.
3. Компьютерное тестирование по всему по курсу – 2ч.

### **Примерные темы реферативных работ**

1. Пьезокварцевые иммуносенсоры.
2. Электрохимические биосенсоры на основе пероксидазы хрена.
3. Флуоресцентные зонды в анализе биомолекул.
4. Применение ДНК/РНК-аптамеров в фармацевтическом и экологическом анализе.
5. Мультисенсорные системы типа «электронный язык», «электронный нос»
6. в анализе биомолекул.
7. Классификация трансдьюсеров и биосенсоров.
8. Иммуный анализ: современные тенденции и перспективы.
9. Современные методы анализа ДНК.
10. Методы определения общего содержания белка в биопробах.
11. Методы определения общего содержания нуклеиновых кислот в биопробах.
12. Прямые и непрямые трансдьюсеры.
13. Безреагентные сенсоры для биомедицинских целей.
14. Нативные и иммобилизованные ферменты в анализе биологических
15. объектов.
16. Биочипы (БЧ), их разновидности.
17. Флуоресцентный иммуноанализ.
18. Хемилюминисцентный иммуноанализ.
19. Электрохимические биосенсоры на основе печатных электродов.
20. Оптические биосенсоры на основе наночастиц золота

## **ПЕРЕЧЕНЬ ИСПОЛЬЗУЕМЫХ СРЕДСТВ ДИАГНОСТИКИ РЕЗУЛЬТАТОВ УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СТУДЕНТОВ**

Учебными планами в качестве формы контроля по учебной дисциплине рекомендован экзамен. Для оценки профессиональных компетенций студентов используется следующий диагностический инструментарий:

- защита индивидуальных заданий при выполнении лабораторных работ;
- защита подготовленного студентом реферата;
- устные опросы;
- письменные контрольные работы по отдельным темам курса.

### **ПЕРЕЧЕНЬ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ (очная форма получения образования)**

1. Определение каталитической активности и проведение иммобилизации биологически тестирующего элемента уреазного сенсора (2ч)
2. Определение степени субстратной и ингибиторной специфичности биологически тестирующего компонента амилазного сенсора (2ч)
3. Изготовление ферментных электродов на основе ионоселективных потенциометрических датчиков (4ч).
4. Фотометрический биосенсор для определения содержания окислов азота в среде (4ч).

### **ПЕРЕЧЕНЬ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ (заочная форма получения образования)**

1. Определение каталитической активности и проведение иммобилизации биологически тестирующего элемента уреазного сенсора (2ч)

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ**

Для организации самостоятельной работы студентов по учебной дисциплине рекомендуется использовать современные информационные технологии: разместить в сетевом доступе комплекс учебных и учебно-методических материалов (программа, методические указания к лабораторным занятиям, список рекомендуемой литературы и информационных ресурсов, задания в тестовой форме для самоконтроля и др.). Эффективность самостоятельной работы студентов целесообразно проверять в ходе текущего и итогового контроля знаний. Для общей оценки качества усвоения студентами учебного материала предполагается использование накопительной рейтинговой системы.

## МЕТОДИКА ФОРМИРОВАНИЯ ИТОГОВОЙ ОЦЕНКИ

**ИТОГОВАЯ ОЦЕНКА** (ИО) определяется по формуле (минимум 4, максимум 10 баллов):

$$\text{ИО} = 0,3a + 0,7b,$$

где  $a$  – средний балл по лабораторным занятиям и УСР,  
 $b$  – экзаменационный балл

Студент допускается к экзамену, если имеет оценку текущего контроля знаний (средний балл по лабораторным занятиям и УСР) не ниже «четыре».

Допускается определение результатов текущей аттестации по дисциплине на основании результатов текущего контроля знаний без проведения опроса на экзамене в случае отсутствия пропусков занятий и среднего балла по лабораторным занятиям и УСР не ниже «восемь». При этом явка обучающегося на экзамен является обязательной.

## ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УВО

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола) <sup>1</sup>
1. Экология и рациональное природопользование	Общей экологии и методики преподавания биологии	Отсутствуют Зав. кафедрой В.В. Гричик	Утвердить согласование протокол № 4 от 20 октября 2016 г.
2. Физиология растений	Клеточной биологии и биоинженерии растений	Отсутствуют Зав. кафедрой В.В. Демидчик	Утвердить согласование протокол № 4 от 20 октября 2016 г.
3. Микробиология	Микробиологии	Отсутствуют Зав. кафедрой В.А. Прокулевич	Утвердить согласование протокол № 4 от 20 октября 2016 г.
4. Биохимия	Биохимии	Отсутствуют Зав. кафедрой И.В. Семак	Утвердить согласование протокол № 4 от 20 октября 2016 г.

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ УВО  
на \_\_\_\_ / \_\_\_\_ учебный год

№№ ПП	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры  
\_\_\_\_\_ (название кафедры) (протокол № \_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 201\_ г.)

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_ (ученая степень, ученое звание)

\_\_\_\_\_ (подпись)

\_\_\_\_\_ (И.О.Фамилия)

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета

\_\_\_\_\_ (ученая степень, ученое звание)

\_\_\_\_\_ (подпись)

\_\_\_\_\_ (И.О.Фамилия)