

Белорусский государственный университет

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе  
А.Л.Толстик

(дата утверждения)

Регистрационный № УД- 4626 /уч.

## НАНОБИОАНАЛИТИКА

Учебная программа учреждения высшего образования  
по учебной дисциплине для специальности

1-31 05 01 Химия

Направление специальности:

1-31 05 01-01 Химия (научно-производственная деятельность)

Минск 2017 г.

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта ОСВО 1-31 05 01-2013 и учебного плана УВО №G 155/уч. 2013 г.

**СОСТАВИТЕЛЬ:**

И.Л. Юркова, профессор, доктор химических наук, доцент

**РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:**

Кафедрой аналитической химии Белорусского государственного университета (протокол № 13 от 02.06.2017);

Учебно-методической комиссией химического факультета Белорусского государственного университета (протокол № 7 от 14.06.2017)

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

На современном этапе биоаналитика составляет основную часть в области клинической диагностики, системе мониторинга окружающей среды, контроле качества пищевых, сельскохозяйственных и косметических продуктов, наркотических и психотропных средств, криминалистике, в системе безопасности, фармацевтике и биотехнологии.

В настоящее время в биоаналитике особую актуальность приобретают направления, связанные с созданием новых эффективных аналитических платформ на основе современных достижений нанотехнологии, молекулярной биологии и микроэлектроники, что в целом формирует такое направление как нанобиоаналитика.

Синтетические наноразмерные структуры широко используются в биосенсорах и микроаналитических устройствах (биочипах и микрофлюидных чипах) для улучшения их аналитических характеристик. Применение наноматериалов в аналитических чипах и сенсорах на различных стадиях анализа (детектирование, управление движением молекул и частиц, концентрирование и разделение, для проведения реакций и т.п.) наряду с развитием инструментальной техники значительно снизило пределы обнаружения вещества и время анализа. Разработка методов с использованием микро- и наносистем дала возможность не только точного определения ультрамалых количеств веществ, но и детектирования и изучения свойств отдельных молекул вместо ансамблей частиц. Использование наноматериалов для конструирования аналитических систем способствует развитию недеструктивных методов анализа сложных биообъектов в режиме реального времени.

В современной биоаналитике важную роль играет масс-спектрометрия (МС) с «мягкими» методами ионизации. Развитие масс-спектрометрической техники, в частности появление визуализирующей МС, а также ее тандемы с микро- и наноаналитическими системами способствует дальнейшему совершенствованию анализа комплексных проб в очень низких объемах с ультразной концентрацией искомых компонентов.

**Цели дисциплины специализации** – дать знания о современных высокоселективных ультрачувствительных методах анализа, базирующихся на использовании микро- и наноаналитических систем, наноразмерных материалов; обеспечить формирование у студентов представлений о ключевых и перспективных направлениях в области современной биоаналитики с учетом новейших достижений и актуальных задачnano- и биотехнологий, а также достижений в области аналитической инструментальной техники.

**Задачи преподавания учебной дисциплины** включают формирование у студентов знаний и умений о:

- биосенсорах, и использовании в них наноразмерных материалов;

- матричных и сусpenзионных биочипах;
- микрофлюидных чипах - классе новых устройств с новыми функциональными, пользовательскими, аналитическими характеристиками;
- масс-спектрометрии с «мягкими» методами ионизации, включая tandemные методы с ТСХ и аналитическими чипами, а также о визуализирующей масс-спектрометрии.

Дисциплина «Нанобиоаналитика» относится к **Циклу дисциплин специализаций (4)**. Содержание дисциплины «Нанобиоаналитика» создает универсальную базу для углубленного изучения профессиональных специальных дисциплин, закладывает фундамент для обучения в магистратуре и аспирантуре. Она даёт представление о современных подходах и методах исследования объектов; новейших средствах диагностики и анализа, базирующихся на высокоселективных биохимических реакциях, достижениях в области микро- и нанотехнологий и приборной техники.

Для эффективного освоения дисциплины «Нанобиоаналитика» и компетентного использования полученных знаний на практике необходимо **знание следующих учебных дисциплин**: «аналитическая химия», «химия высокомолекулярных соединений», «физическая химия», «органическая химия».

В результате изучения дисциплины «Нанобиоаналитика» студент должен:  
**знать:**

- основные концепции и принципы в области современной биоаналитики, базирующиеся на достижениях микро- и нанотехнологий;
- методологические подходы к решению аналитических задач, требующих определения ультранизких количеств вещества, вплоть до анализа единичных молекул;
- новейшие достижения в области современного биоанализа.

**уметь:**

- выбрать и обосновать оптимальный метод анализа комплексных проб в очень низких объемах с ультранизкой концентрацией искомых компонентов;
- разрабатывать недеструктивные методы анализа проб в режиме реального времени, необходимые для решения конкретных практических задач;
- ориентироваться в современных направлениях в аналитике и новейших методах, основанных на применении достижений микрочиповых и нанотехнологий;
- в условиях развития науки и изменяющейся социальной практики делать переоценку накопленного опыта и приобретать новые знания.

В результате изучения учебной дисциплины «Нанобиоаналитика» студент должен закрепить и развить следующие академические (АК), социальновличностные (СЛ) и профессиональные (ПК) компетенции, предусмотренные образовательным стандартом высшего образования первой ступени:

АК-1. Уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач.

АК-2. Владеть системным и сравнительным анализом.

АК-3. Владеть исследовательскими навыками.

АК-4. Уметь работать самостоятельно.

АК-5. Быть способным вырабатывать новые идеи (креативность).

АК-6. Владеть междисциплинарным подходом при решении проблем.

АК-9. Уметь учиться, повышать свою квалификацию в течение всей жизни.

СЛК-6. Уметь работать в команде.

ПК-1. Использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, анализировать перспективы и направления развития отдельных областей химической науки.

ПК-2. Принимать участие в научных исследованиях, связанных с совершенствованием и развитием химии, современных ее направлений и физико-химических методов исследования.

ПК-3. Формулировать цели и задачи научно-исследовательской деятельности, осуществлять ее планирование.

ПК-12. Обобщать научно-техническую информацию, работать с научной, технической и патентной литературой, электронными базами данных.

В соответствии с учебным планом учреждения высшего образования по специальности 1-31 05 01 ХИМИЯ (научно-производственная деятельность), специализации 1-31 05 01-01 01 Аналитическая химия

**общее количество часов – 60,**

**всего аудиторных часов – 24, из них лекции – 18, семинарские занятия – 4, УСР – 2.**

Форма получения высшего образования – очная.

Курс – четвертый.

Семестр – 7.

Форма текущей аттестации по учебной дисциплине – зачет.

## **СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА**

### **Тема 1. Наноразмерные структуры в биоанализе. Биосенсоры.**

1.1 Введение. Миниатюризация в биоанализе: от биосенсоров (БС) к микрочипам и наносенсорам. Наноразмерные компоненты в биоанализе. Биосенсоры. Аналитические характеристики. Классификация. Методы иммобилизации биораспознающих систем.

1.2 Типы трансдьюсеров: электрохимические, калориметрические трансдьюсеры, масс-чувствительные, оптические.

### **Тема 2. Матричные и сусpenзионные биочипы.**

2.1 Биочипы (БЧ): матричные и сусpenзионные, разновидности, принцип действия.

2.2 Применение наноразмерных структур (наночастиц благородных металлов, квантовых точек, одностенных углеродных нанотрубок) в биочипах. Сусpenзионные биочипы на основе наночастиц золота и квантовых точек.

### **Тема 3. Микрофлюидные чипы.**

3.1 Микрофлюидные чипы (МФЧ): определение, основные виды. Факторы, определяющие процессы в микрофлюидике (базовые теоретические принципы).

3.2 Основные стадии анализа в МФЧ: ввод, транспортировка пробы, реагентов и их смещивание, фильтрация и концентрирование пробы, химические реакции, разделение компонентов пробы, детектирование.

### **Тема 4. Масс-спектрометрия с «мягкими» методами ионизации и ее тандемы с ТСХ и аналитическими микрочипами. Визуализирующая масс-спектрометрия.**

4.1 Масс-спектрометрия с лазерной десорбцией/ионизацией пробы при содействии матрицы (МАЛДИ МС). Использование МФЧ на стадии пробоподготовки в масс-спектрометрии. Тандем МАЛДИ и ТСХ. Визуализирующая МАЛДИ МС.

4.2 Тандем аналитических биочипов и МАЛДИ МС. Метод масс-спектрометрии с поверхностно-усиленной лазерной десорбцией/ионизацией пробы (ПУЛДИ МС). Масс-спектрометрия с «мягкими» методами ионизации, используемая в анализе без применения вещества-матрицы. Поверхностно-активируемая лазерная десорбция/ионизация масс-спектрометрия (ПАЛДИ МС). Наноструктурно-инициаторная масс-спектрометрия.

4.3 Масс-спектрометрия с ионизацией электроспреем (или электрораспылением) (ИЭР МС). Масс-спектрометрия с ионизацией при атмосферном давлении. Масс-спектрометрия с десорбционно-электроспрейной ионизацией (ДЭСИ МС). Тандемная или многомерная масс-спектрометрия.

# УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА

Номер тем и подтемы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					УСРКоличество часов	ЗнанийФорма контроля
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	<b>Нанобиоаналитика</b>	<b>18</b>	-	<b>4</b>	-		<b>2</b>	
1	<b>Наноразмерные структуры в биоанализе. Биосенсоры.</b>	<b>4</b>		<b>2</b>				
1.1	Миниатюризация и применение наноразмерных компонентов в биоанализе. Биосенсоры: аналитические характеристики; классификация, иммобилизация биокомпонентов.	2						
1.2	Типы трансдьюсеров. в биосенсорах.	2						Экспресс-опр
	Применение наноразмерных компонентов в биоанализе. Биосенсоры; трансдьюсеры.			2				письменный оп
2	<b>Матричные и сусpenзионные биочипы</b>	<b>4</b>						
2.1	Биочипы (БЧ): матричные и сусpenзионные, разновидности, принцип действия.	2						
2.2	Применение наноразмерных структур в биочипах. Сусpenзионные биочипы на основе наночастиц золота и квантовых точек.	2						Экспресс-опр
3	<b>Микрофлюидные чипы (МФЧ)</b>	<b>4</b>	-	<b>2</b>	-			
3.1	Микрофлюидные чипы (МФЧ): определение, основные виды. Факторы, определяющие процессы в микрофлюидике (базовые теоретические принципы).	2						

	Основные стадии анализа в МФЧ: ввод, транспортировка пробы, реагентов и их смешивание, фильтрация и концентрирование пробы, химические реакции, разделение компонентов пробы, детектирование.	2						Устный опро
1	2	3	4	5	6	7	8	
	Аналитические чипы. Применение наноразмерных структур в биочипах.			2				Письменный оп
4	<b>Масс-спектрометрия с «мягкими» методами ионизации и ее tandemы с ТСХ и аналитическими микрочипами. Визуализирующая масс-спектрометрия</b>	6				2		
4.1	Масс-спектрометрия с лазерной десорбцией/ионизацией пробы при содействии матрицы (МАЛДИ МС), ее tandem с ТСХ. Визуализирующая МАЛДИ МС.	2						
4.2	Метод масс-спектрометрии с поверхностью-усиленной лазерной десорбцией/ионизацией пробы. Поверхностно-активируемая лазерная десорбция/ионизация масс-спектрометрия (ПАЛДИ МС). Наноструктурно-инициаторная масс-спектрометрия.	2						Экспресс-опр
4.3	Масс-спектрометрия с ионизацией электроспреем (ИЭР МС). Масс-спектрометрия с десорбционно-электроспрейной ионизацией (ДЭСИ МС). Тандемная или многомерная масс-спектрометрия.	2						Экспресс-опр
	Визуализирующая МАЛДИ МС. ПАЛДИ МС ИЭР МС. ДЭСИ МС. Тандемная или многомерная масс-спектрометрия.					2		эссе

## ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### Перечень основной и дополнительной литературы

#### Основная:

- 1 Аналитическая химия : в 3 т. / под ред. Л.Н. Москвина. – М.: Изд. центр «Академия», 2008 - 210. – Т.1 – 299 с., Т.2 – 574 с., Т.3 – 364 с.
- 2 Аналитическая химия и физико-химические методы анализа : в 2 т. / под ред. А.А. Ищенко. – М. : Изд. центр «Академия», 2012 - 2014. – Т.1 – 352 с., Т.2 – 416 с.
- 3 Биосенсоры: основы и приложения / Под ред. Э.Тернер, И.Карубе, Дж.Уилсон. М.: Мир, 1992 – 614 с.
- 4 Боченков В.Е., Сергеев Г.Б. Наноматериалы для сенсоров. *Успехи химии*. 2007. Т. 76, № 11. С. 1084-1093.
- 5 Иммобилизованные ферменты / И.В. Березин [и др.]. – М. : Высшая школа, 1987. – 167 с.
- 6 Микрофлюидные системы для химического анализа / под ред. Ю.А. Золотова, В.Е. Курочкина М.: ФИЗМАТЛИТ, 2011. – 528 с.
- 7 Мирзабеков А.Д., Прокопенко Д.М., Четкин В.Р. Применение матричных биочипов с иммобилизированной ДНК в биологии и в медицине // Информационные медико-биологические технологии /Под ред. В.А. Князева, К.В.Судакова. М.: ГОЭТАР-МЕД, 2000. С. 166–198.
- 8 Михайлов, А.Т. Методы иммунохимического анализа в биологии развития (практическое руководство) / А.Т. Михайлов, В.Н. Мирский. – М. : Наука, 1991. – 288 с.
- 9 Новые методы иммуноанализа : перевод с англ. / М. Тертон [и др.], под ред. А.М. Егорова. – М.: Мир, 1991. – 279 с.
- 10 Нолтинг Б. Новейшие методы исследования биосистем. – М. : Техносфера, 2005. – 256 с.
- 11 Основы аналитической химии: в 2 т. / под ред. Ю.А. Золотова. – М. : Изд. центр «Академия», 2012. – Т.1. – 384, Т.2. – 407 с.
- 12 Практикум по биохимии : учеб. пособие / под ред. С.Е. Северина, Г.А. Соловьевой. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Изд-во МГУ, 1989. – 509 с.
- 13 Теория и практика иммуноферментного анализа / [Егоров А.М. и др.] - М.: Высшая школа, 1991. – 228 с.
- 14 Эггинс Б. Химические и биологические сенсоры. М.: Техносфера, 2005. - 335 с.

#### Дополнительная:

- 1 Арчаков А.И. Биоинформатика, геномика и протеомика — наука о жизни XXI столетия. // Вопр. мед. химии. 2000. Т. 46, №1. С. 3–7.
- 2 Беленький Б.Г., Комяк Н.И., Курочкин В.Е., Евстратов А.А., Суханов В.Л. Микрофлюидные аналитические системы (Часть 1). *Научное приборостроение*. 2000. Т. 10, № 2. С. 57-64.
- 3 Беленький Б.Г., Комяк Н.И., Курочкин В.Е., Евстратов А.А., Суханов В.Л. Микрофлюидные аналитические системы (Часть 2). *Научное приборостроение*. 2000. Т. 10, № 3. С. 3-16.
- 4 Власов Ю.Г., Легин А.В., Рудницкая А.М. Мультисенсорные системы типа электронный язык – новые возможности создания и применения химических сенсоров. *Успехи химии*. 2006. Т. 75, № 2. С. 141-150.
- 5 Белок: стратегия функционирования. В.М. Мажуль [и др.] //Биофизика живых систем: от молекулы к организму / под общ. ред. И.Д. Волотовского. Минск, 2003. С. 27 – 40.

- 6 Гендриксон О.Д., Жердев А.В., Дзантиев Б.Б. Молекулярно импринтированные полимеры и их применение в биохимическом анализе. // Успехи биологической химии. 2006. Т. 46. С. 149-192.
- 7 Говорун В.М., Арчаков А.И. Протеомные технологии в современной медицинской науке. // Биохимия. 2002. Т. 67, вып. 10. С. 1341 – 1359.
- 8 Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. М.: Физматлит. 2005. 416 с.
- 9 Евстратов А.А. Физические методы управления движением и разделением микрочастиц в жидких средах. Часть 1. Диэлектрофорез, фотофорез, оптофорез, оптический пинцет //Научное приборостроение. 2005. Т. 15, №1. с. 8-21.
- 10 Ермолаева Т.Н., Калмыкова Е.Н. Пьезокварцевые иммunoсенсоры. Аналитические возможности и перспективы. Успехи химии. 2006. Т. 75, N 5.
- 11 Заседателев А.С. Нанобиотехнологии с макро- и микропериферией: биологические микрочипы // Экология - XXI век. - 2005. - N 3(27). - С.91-93.
- 12 Кольман Я., Рем К.-Г. Наглядная биохимия. М.: Мир, 2000.- 469 с.
- 13 Лебедев А. Т., Заикин В. Г. Масс-спектрометрия органических соединений в начале XXI века. // Журнал аналитической химии. 2008. Т. 63, N 12. С. 1236-1264.
- 14 Лисичкин Г.В., Крутяков Ю.А. Материалы с молекулярными отпечатками: синтез, свойства, применение. // Успехи химии. 2006. Т.75, № 10. С. 998-1017.
- 15 Мажуль, В.М. Развитие исследований в области протеомики в Республике Беларусь: фундаментальные и прикладные аспекты. // Наука и инновации. 2005. Т. 29, № 7. С. 42 – 51.
- 16 Нартова Ю.В., Еремин С.А., Ермолаева Т.Н. Массочувствительные иммunoсенсоры для определения хлорацетанилидных гербицидов. Журнал аналитической химии. 2008. Т. 63, N 12. С. 1302-1310.
- 17 Пул Ч., Оуэнс Ф. Нанотехнологии. М.: Техносфера. 2006. 336 с.
- 18 Стародуб Н.Ф. Неэлектродные биосенсоры - новое направление в биохимической диагностике. Биополимеры и клетка. 1989, Т.5, №1, 5-15.
- 19 Стид Дж. В., Этвуд Дж. Л., Супрамолекулярная химия. Т. 1, 2. - Москва: Академкнига, 2007.

### *Адреса веб-сайтов:*

- 1 Журнал «Биотехнология»: [www.genetika.ru/journal/](http://www.genetika.ru/journal/)
- 2 Журнал «Вестник биотехнологии»: [www.biorosinfo.ru](http://www.biorosinfo.ru)
- 3 Analytical and Bioanalytical Chemistry:  
<http://www.springer.com/chemistry/analytical+chemistry/journal/216>
- 4 Bioanalysis: <http://www.future-science.com/loi/bio>
- 5 Journal of Bioanalysis and Biomedicine:  
<http://www.omicsonline.org/jbabbmhome.php>  
<http://biomolecula.ru>
- 6 <http://nano.msu.ru/>
- 7 <http://biochip.ru/>
- 8 [www.rsc.org/loc](http://www.rsc.org/loc) | Lab on a Chip
- 9 Biosensors and Bioelectronics <https://www.journals.elsevier.com/biosensors-and-bioelectronics>
- 10 Trends in Analytical Chemistry <https://www.journals.elsevier.com/trends-in-analytical-chemistry>
- 11 Lab on a Chip <http://www.rsc.org/journals-books-databases/about-journals/lab-on-a-chip/>

- 13 <http://www.elveflow.com/microfluidic-tutorials/microfluidic-reviews-and-tutorials/microfluidics/>

### **Перечень используемых средств диагностики результатов учебной деятельности**

В перечень средств диагностики результатов учебной деятельности по учебной дисциплине входят:

- задания к семинарским занятиям;
- устный опрос и экспресс-опрос по разделам программы
- письменный опрос по разделам программы
- эссе
- зачет.

**ПРОТОКОЛ  
СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ ПО ИЗУЧАЕМОЙ  
УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ С ДРУГИМИ ДИСЦИПЛИНАМИ  
СПЕЦИАЛЬНОСТИ НА 2017 / 2018 УЧЕБНЫЙ ГОД**

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы по изучаемой учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Аналитическая химия	Кафедра аналитической химии	нет	Изменения не требуются протокол №13 от 02.06.2017 г.
Химия высокомолекулярных соединений	Кафедра высокомолекулярных соединений	нет	Изменения не требуются протокол №13 от 02.06.2017 г.
Физическая химия	Кафедра физической химии	нет	Изменения не требуются протокол №13 от 02.06.2017 г.
Органическая химия	Кафедра органической химии	нет	Изменения не требуются протокол №13 от 02.06.2017 г.

**ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ  
К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ ПО ИЗУЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ  
ДИСЦИПЛИНЕ НА 20\_\_ / 20\_\_ УЧЕБНЫЙ ГОД**

№ п/п	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры  
аналитической химии (протокол № \_\_\_\_ от \_\_\_\_ 20\_\_ г.)  
(название кафедры)

Заведующий кафедрой

доктор химических наук, профессор  
(степень, звание)

\_\_\_\_\_

Е.М. Рахманько  
(И.О.Фамилия)

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета

доктор химических наук, профессор  
(степень, звание)

\_\_\_\_\_

Д.В. Свиридов  
(И.О.Фамилия)