

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Химический факультет

УТВЕРЖДАЮ:

И.о. декана химического факультета

А. С. Князев

Рабочая программа дисциплины

**Твердофазные аналитические методы**

по направлению подготовки / специальности

**04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия**

Направленность (профиль) подготовки / специализация:

**Фундаментальная и прикладная химия**

Форма обучения

**Очная**

Квалификация

**химик-специалист, преподаватель**

Год приема

**2023**

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОП

В.В. Шелковников

Председатель УМК

Л.Н. Мишенина

## **1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины**

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-1. Способен анализировать и интерпретировать результаты химических экспериментов, наблюдений и измерений в различных областях химии;

ОПК-2. Способен проводить синтез, анализ, изучение структуры и свойств веществ и материалов, исследовать процессы с их участием;

ПК-1. Способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией науках.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

РООПК 1.1 Знает теоретические основы неорганической, органической, физической и аналитической химии, применяет их при решении профессиональных задач в других областях химии.

РООПК 1.2 Умеет систематизировать и интерпретировать результаты экспериментов и расчетно-теоретических работ с использованием теоретических основ традиционных и новых разделов химии

РООПК 1.3 Умеет грамотно формулировать заключения и выводы по результатам работы

РООПК 2.1 Знает стандартные приемы и операции, используемые при получении веществ неорганической и органической природы

РООПК 2.2 Знает теоретические основы методов изучения состава, структуры и свойств для грамотного выбора метода исследования

РОПК 1.2 Умеет выбирать экспериментальные и расчетно-теоретические методы решения поставленной задачи, используя достижения современной химической науки, и исходя из имеющихся, материальных, информационных и временных ресурсов.

## **2. Задачи освоения дисциплины**

– Знать теоретические основы функционирования твердофазных сенсорных устройств и направления их практического использования; сущность процессов, определяющих характеристики твердофазных аналитических систем;

– Прогнозировать свойства твердофазных аналитических систем в зависимости от их состава, ориентироваться в способах иммобилизации аналитических реагентов в твердую фазу и условиях проведения аналитической реакции в твердой фазе;

– Применять полученные знания на практике для создания новых сенсорных устройств для решения конкретной аналитической задачи; твердофазные аналитические методы и химические сенсоры для решения конкретных аналитических задач.

– Проводить измерения аналитического сигнала на стандартном оборудовании с использованием твердофазных аналитических систем; анализ реальных объектов на содержание различных веществ с использованием твердофазных аналитических систем; контроль качества результатов определения различных веществ в разных объектах с использованием нормативной документации по метрологии, в частности РМГ 76-2014 ГСИ. Внутренний контроль качества результатов количественного химического анализа и РМГ 61-2010 ГСИ. Показатели точности, правильности, прецизионности методик количественного химического анализа. Методы оценки.

## **3. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина относится к Блоку 1 «Дисциплина (модули)».

Дисциплина относится к части образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений, предлагается обучающимся на выбор. Дисциплина входит в Модуль Химия материалов.

#### **4. Семестр(ы) освоения и форма(ы) промежуточной аттестации по дисциплине**

Восьмой семестр, зачет

#### **5. Входные требования для освоения дисциплины**

Для успешного освоения дисциплины требуются компетенции, сформированные в ходе освоения образовательных программ предшествующего уровня образования.

Для успешного освоения дисциплины требуются результаты обучения по следующим дисциплинам: неорганическая, аналитическая, органическая, физическая химия, химия высокомолекулярных соединений, коллоидная химия, статистические методы обработки результатов.

#### **6. Язык реализации**

Русский

#### **7. Объем дисциплины**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 з.е., 72 часов, из которых:

-лекции: 16 ч.

-лабораторные: 24 ч.

в том числе практическая подготовка: 24 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

#### **8. Содержание дисциплины, структурированное по темам**

Тема 1. Общие принципы и преимущества твердофазных аналитических систем. Общие принципы: использование твердых носителей различного типа для прямого определения путем экстракции определяемых веществ из анализируемого объекта, иммобилизации аналитических реагентов и проведения аналитических реакций в твердой фазе, обеспечивающих получение легко измеряемого аналитического сигнала. Преимущества твердофазных аналитических методов: миниатюризация, значительное сокращение или полное исключение токсичных органических растворителей, повышение чувствительности за счет концентрирования, простота сочетания с инструментальными методами анализа, возможность автоматизации.

Тема 2. Иммобилизация аналитических реагентов. Способы иммобилизации: иммобилизация за счет физической сорбции (физическая иммобилизация), химическая иммобилизация, их преимущества и недостатки. Основные типы носителей, используемых для иммобилизации аналитических реагентов: целлюлоза, ионообменные смолы, пенополиуретаны, поливинилхлорид, нафионовые мембраны, полимерные мембраны. Химическое равновесие между иммобилизованным реагентом и определяемым веществом в растворе.

Тема 3. Твердофазная спектрометрия. Классификация твердофазных спектроскопических методов по способу измерения аналитического сигнала: твердофазная спектрофотометрия, спектроскопия диффузного отражения, твердофазная люминесценция, цветометрия. Классификация твердофазно-спектроскопических методов по способу получения окрашенного или люминесцирующего соединения в твердой фазе. Твердофазная спектрофотометрия: особенности измерения оптической плотности в твердой фазе сорбента. Спектроскопия диффузного отражения: теория Кубелки-Мунка. основные факторы, влияющие на правильность и воспроизводимость измерения диффузного отражения. Твердофазная люминесценция: теория люминесцентной спектроскопии твердых светопоглощающих материалов. Цветометрия: цветометрические характеристики анализируемого образца: светлота, насыщенность цвета, желтизна, цветовой тон и другие; цветометрические сканер-технологии.

Тема 4. Общая характеристика химических и биологических сенсоров. Обоснование необходимости разработки сенсоров. Характеристики и основные принципы работы сенсоров. Типы трансдюсеров. Характеристика биосенсоров: биологическое распознавание молекул, иммобилизация биологических молекул.

Тема 5. Оптические химические сенсоры. Принцип действия световода на оптических волокнах. Внешний и внутренний режим работы волноводов в сенсорах. Понятие о «затухающем» свете. Конструктивные особенности. Оптические методы, используемые при внешнем режиме работы волноводов в сенсорах: измерение оптической плотности, коэффициента отражения, люминесценции. Сенсоры, основанные на спектроскопии внутреннего отражения: методы нарушенного полного внутреннего отражения, нарушенного полного внутреннего отражения с флуоресценцией и поверхностного плазмонного резонанса. Преимущества и недостатки оптических сенсоров

Тема 6. Применение наноматериалов в аналитической химии.

Синтез и использование наночастиц золота и серебра в спектрофотометрии. Поверхностный плазмонный резонанс наночастиц золота и серебра. Влияние размера и формы наночастиц металлов на их оптические свойства. Принципы определения низкомолекулярных органических соединений, анионов и металлов с использованием наночастиц серебра.

Тема 7. Аналитические и метрологические характеристики твердофазных аналитических методов и сенсоров. Селективность. Чувствительность: рабочий диапазон, линейный диапазон и предел обнаружения сенсора. Временные характеристики: время отклика, время регенерации и время жизни. Прецизионность, точность и воспроизводимость.

Тема 8. Будущее химических сенсоров. Сенсоры как составная часть и один из базисных элементов микроаналитических систем. Принципы построения микроаналитических систем.

## **9. Текущий контроль по дисциплине**

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, устного опроса по лекционному материалу, выполнения домашних заданий, оформление, сдача и защиты отчетов по лабораторным работам и фиксируется в форме контрольной точки в семестре.

## **10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации**

**Зачет в восьмом семестре** проводится в письменной форме по билетам. Экзаменационный билет состоит из трех заданий. Продолжительность зачета 1,5 часа. Структура экзамена соответствует компетентностной структуре дисциплине. Два задания теоретического характера носят проблемный характер и предполагают синтетические ответы в развернутой форме, проверяющие РООПК 1.1., 1.2., 1.3. и РООПК 2.1., 2.3. Третье задание практического характера направлено на оценку сформированности РОПК 1.1., 1.2. и предполагает знание методов твердофазного анализа и умение обоснованного выбора необходимого варианта для решения поставленной практической задачи.

Примерный перечень теоретических вопросов:

1. Функциональная схема химического сенсора.
2. Что такое полное внутреннее отражение?
3. Перечислите основные методы иммобилизации аналитических реагентов в твердую фазу.
4. Оптические методы анализа, которые можно сочетать с оптическими волокнами во внешнем режиме.
5. Назовите отличительные признаки сенсоров.
6. В чем состоит разница между внутренним и внешним режимом волноводов?
7. Какие преимущества сенсоров «на затухающих волнах»?

8. Что такое поверхностный плазмон? Каковы преимущества поверхностного плазмонного резонанса?
9. Твердые фазы, применяемые для иммобилизации аналитических реагентов, их преимущества и недостатки

Примеры практических заданий:

1. Выведите функцию отклика оптического сенсора в случае, в котором обнаружена кислотная форма индикатора. Изобразите ее как график  $[In^-]/c_t$  относительно pH.
2. Схематически напишите уравнения реакций в ионном сенсоре, представленном на рисунке, указывая ионный перенос между раствором и фазой мембраны.



Результаты зачета определяются оценками «зачтено», «не зачтено»,

Результаты промежуточной аттестации зависят и учитывают результаты текущего контроля (результат сдачи и защиты отчетов по лабораторным работам). Для прохождения промежуточной аттестации студенту необходимо выполнить и сдать отчеты по лабораторным работам, направленным на анализ реальных объектов на содержание различных веществ с использованием твердофазных аналитических систем. Выполнение лабораторных работ и защита отчетов по ним направлено на оценку сформированности РООПК 1.1., 1.2., 1.3., 2.1., 2.2, 2.3., РОПК 1.1., 1.2.

## 11. Учебно-методическое обеспечение

а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «Moodle» - <https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=30530>

б) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

в) План практических и лабораторных занятий по дисциплине.

г) Методические указания по проведению лабораторных работ.

д) Методические указания по организации самостоятельной работы студентов.

## 12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

а) основная литература:

– Баника Ф. Г. Химические и биологические сенсоры: основы и применения / под ред. д.т.н., проф. В. А. Шубарева. – Москва : Техносфера, 2014. – 880 с.

– Золотов Ю. А., Иванов В. А., Амелин В. Г. Химические тест-методы анализа. М. : Едиториал УРСС, 2006. – 304 с.

– Эггинс Б. Химические и биологические сенсоры / Б. Эггинс. – М. : Техносфера, 2005. – 366 с.

– Каттралл Р. В. Химические сенсоры/ Р. Каттралл. М. : Научный мир, 2000. – 144 с.

б) дополнительная литература:

– Solid Phase Microextraction. Recent Developments and Applications, edited by G. Ouyang, R. Jiang, Springer, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-662-53598-1>

– Золотов Ю. А. Микрофлюидные системы для химического анализа / Ю. А. Золотов. – М. : Физматлит, 2011. – 528 с.

– Solid Phase Molecular Spectroscopy (Book Chapter 12) Handbook of Green Analytical Chemistry, edited by la Guardia, Miguel de, and Salvador Garrigues, John Wiley & Sons,

в) ресурсы сети Интернет:

Интеллектуальные сенсоры <http://www.intuit.ru/studies/courses/590/446/info>

### **13. Перечень информационных технологий**

а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

– Microsoft Office Standart 2013 Russian: пакет программ. Включает приложения: MS Office Word, MS Office Excel, MS Office PowerPoint, MS Office On-eNote, MS Office Publisher, MS Outlook, MS Office Web Apps (Word Excel MS PowerPoint Outlook);

– публично доступные облачные технологии (Google Docs, Яндекс диск и т.п.).

б) информационные справочные системы:

– Электронный каталог Научной библиотеки ТГУ – <http://chamo.lib.tsu.ru/search/query?locale=ru&theme=system>

– Электронная библиотека (репозиторий) ТГУ – <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index>

– ЭБС Лань – <http://e.lanbook.com/>

– ЭБС Консультант студента – <http://www.studentlibrary.ru/>

– Образовательная платформа Юрайт – <https://urait.ru/>

– ЭБС ZNANIUM.com – <https://znanium.com/>

– ЭБС IPRbooks – <http://www.iprbookshop.ru/>

### **14. Материально-техническое обеспечение**

Аудитории для проведения занятий лекционного типа.

Аудитории для проведения занятий семинарского типа, индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой и доступом к сети Интернет, в электронную информационно-образовательную среду и к информационным справочным системам.

Лаборатории оснащены вытяжными шкафами и необходимым оборудованием:

1. Аналитические весы;
2. Спектрофотометр UV-1800 фирмы Shimadzu, СФ-56;
3. Вольтамперометрические анализаторы

Аудитории для проведения занятий лекционного и семинарского типа индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации в смешенном формате («Актру»).

### **15. Информация о разработчиках**

Гавриленко Наталия Айратовна, докт. хим. наук, доцент, кафедра аналитической химии Национального исследовательского Томского государственного университета, профессор.