

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт химии
высокочистых веществ им. Г.Г.Девярых Российской академии наук

ПРИНЯТО

Ученым советом ИХВВ РАН

Протокол № 4 от « 27 » 05 2016 г.

Ученый секретарь, д.х.н. Лазукина О.П.

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИХВВ РАН

академик Чурбанов М.Ф.

«27» 05 2016 г.

Рабочая программа дисциплины
Возможности электрохимического метода в анализе объектов окружающей среды

Направление подготовки
04.06.01 «Химические науки»

Направленность подготовки
02.00.02 «Аналитическая химия»;

Квалификация выпускника
Исследователь. Преподаватель-исследователь

Форма обучения

Нижний Новгород
2016

1. Место дисциплины (модуля) в структуре основной образовательной программы (ООП)

Дисциплина «Возможности электрохимического метода в анализе объектов окружающей среды» является обязательной дисциплиной выбора.

Дисциплина основывается на знаниях, навыках и умениях, приобретенных в результате освоения теоретических основ аналитической химии, а также теоретических основ инструментальных методов анализа. Успешному освоению дисциплины сопутствует параллельное применение полученных знаний при написании кандидатской диссертации.

Для успешного освоения дисциплины аспирант должен:

- знать основы инструментальных методов анализа;
- проводить самостоятельный поиск химической информации с использованием различных источников (научных изданий, компьютерных баз данных, ресурсов Internet).

Изучение дисциплины «Возможности электрохимического метода в анализе объектов окружающей среды» необходимо при подготовке аспиранта к сдаче кандидатского экзамена по специальности, а также при выборе методов исследования в ходе научно-исследовательской работы аспиранта при написании диссертации.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ООП (компетенциями выпускников)

Таблица 1

Планируемые результаты обучения по дисциплине

Код формируемой компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций
ПК 1	<i>З1 Знать:</i> перспективы и проблемы развития химии; фундаментальные основы химии, а также наук о материалах. <i>З2 Знать:</i> приоритетные направления научных исследований в организации, а также приоритетные направления развития науки, технологий и техники в Российской Федерации. <i>У1 Уметь:</i> прогнозировать социальные последствия действия химических производств, составлять план работы по заданной теме. <i>У2 Уметь:</i> проводить исследования по согласованному с руководителем плану, решать типовые задачи по выбранной направленности подготовки. <i>В1 Владеть:</i> навыками организации самостоятельной научно-исследовательской работы в научно-исследовательской организации. <i>В2 Владеть:</i> навыками взаимодействия с учеными и научными группами, проводящими исследования в аналогичных направлениях.
ПК 3	<i>З1 Знать:</i> Требования к корректному выбору методов обработки экспериментальных данных и/или методов численного

	<p>моделирования химических процессов; современные направления развития методом обработки экспериментальных данных и/или методов численного моделирования в своей профессиональной области.</p> <p><i>У1 Уметь:</i> Корректно использовать современные методы обработки экспериментальных данных и/или современные методы численного моделирования сложных химических процессов в своей профессиональной области.</p> <p><i>В1 Владеть:</i> Современными методами обработки экспериментальных данных и/или современными методами численного моделирования в химическом анализе; систематическими знаниями в области современных методов обработки экспериментальных данных в области аналитической химии.</p>
--	---

3. Структура и содержание дисциплины

Объем дисциплины составляет 4 зачетные единицы, всего 144 часа, из которых 72 часа составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (72 часа лекции), 72 часа составляет самостоятельная работа обучающегося.

Таблица 2

Структура дисциплины

Наименование раздела дисциплины	Всего, часов	В том числе						Самостоятельная работа обучающегося, часов
		Контактная работа, часов					Всего	
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Консультации	Всего		
Общая характеристика электрохимических методов анализа	48	24	-	-	-	24	24	
Электрохимические методы анализа	48	24	-	-	-	24	24	
Электрохимические методы анализа в области контроля объектов окружающей среды	48	24	-	-	-	24	24	
Аттестация по дисциплине: зачет								
Итого	144	72	-	-	-	72	72	

3.1. Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Общая характеристика электрохимических методов анализа

Общая характеристика электрохимических методов анализа.

Классификация электрохимических методов анализа.

Раздел 2. Электрохимические методы анализа

Потенциометрия. Теоретические основы.

Индикаторные электроды и электроды сравнения. Электродная функция, чувствительность, селективность, предел обнаружения.

Ионометрия и потенциометрическое титрование.

Теоретические основы кулонометрии. Законы Фарадея.

Прямая кулонометрия и кулонометрическое титрование.

Теоретические основы кондуктометрии. Критерии применимости кондуктометрического метода анализа.

Вольтамперометрия. Теоретические основы. Классическая полярография.

Современные виды вольтамперометрии (прямая и инверсионная, хроноамперометрия).

Амперометрическое титрование.

Раздел 3. Электрохимические методы анализа в области контроля объектов окружающей среды

Электрохимические методы в контроле качества природных сред.

Электрохимические детекторы и средства контроля атмосферных загрязнений.

Электрохимический контроль процессов в водных системах.

4. Образовательные технологии

Для достижения планируемых результатов обучения, в дисциплине используются различные образовательные технологии:

- информационно-развивающие технологии (самостоятельное изучение литературы, применение новых информационных технологий для самостоятельного пополнения знаний, включая использование технических и электронных средств информации);
- деятельностные практико-ориентированные технологии (анализ, сравнение методов проведения химических и физико-химических исследований, выбор метода, в зависимости от объекта исследования в конкретной ситуации и его практическая реализация);
- развивающие проблемно-ориентированные технологии (учебные дискуссии, коллективная мыслительная деятельность, решение задач повышенной сложности).

5. Формы организации и контроля самостоятельной работы обучающихся

Целью самостоятельной работы является овладение навыками работы с литературой (в читальном зале библиотеки, с доступом к ресурсам Интернет), более углубленное изучение отдельных разделов дисциплины при выполнении индивидуальных заданий. Самостоятельная работа подкрепляется учебно-методическим и информационным обеспечением, включающим учебники, учебно-методические пособия, конспекты лекций. Текущий контроль успеваемости осуществляется в форме опроса.

Итоговый контроль проводится в виде зачета.

Контрольные вопросы по курсу:

1. Общая характеристика электрохимических методов.
2. Потенциометрия. Механизм возникновения потенциала на электродах. Уравнение Нернста.
3. Индикаторные электроды и электроды сравнения.
4. Методы ионометрии (градуировочного графика, ограничивающих растворов, стандартных добавок, двойных добавок, разбавления). Возможности и ограничения.
5. Применение метода потенциометрии и потенциометрического титрования в анализе объектов окружающей среды
6. Законы Фарадея. Кулонометрия при постоянном токе и при постоянном потенциале.
7. Кулонометрическое титрование. Способы генерации титранта.
8. Области применения метода кулонометрии и кулонометрического титрования.
9. Электропроводность растворов электролитов. Зависимость проводимости от концентрации и природы электролита, температуры раствора и природы растворителя.
10. Прямая кондуктометрия и кондуктометрическое титрование. Возможности и ограничения метода.
11. Классическая полярография. Основы полярографического метода анализа. Уравнение Ильковича.
12. Полярографическая кривая. Потенциал полуволны. Возможности и ограничения метода.
13. Основы инверсионной вольтамперометрии. Возможности метода.
14. Амперометрическое титрование. Индикаторные электроды.
15. Возможности метода вольтамперометрии в анализе объектов окружающей среды
16. Электрохимические детекторы и средства контроля атмосферных загрязнений.
17. Сравнение электрохимического метода анализа воды с другими методами.

6. Фонд оценочных средств для аттестации по дисциплине

6.1. Перечень компетенций выпускников образовательной программы с указанием результатов обучения (знаний, умений, владений), характеризующих этапы их формирования

Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования приведен в приложении 1.

6.2. Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине. Описание шкал оценивания

Уровень освоения учебной дисциплины обучающимися определяется следующими оценками: «зачтено», «не зачтено».

Оценка «зачтено» предполагает:

- хорошее знание основных терминов и понятий курса;

- последовательное изложение материала;

- умение формулировать некоторые обобщения по теме вопросов;

- достаточно полные ответы на вопросы при сдаче зачета;

- умение использовать фундаментальные понятия из базовых естественнонаучных и общепрофессиональных дисциплин при ответе на зачете.

- оценка «не зачтено» предполагает:

- неудовлетворительное знание основных терминов и понятий курса;

- отсутствие логики и последовательности в изложении материала;

- неумение формулировать отдельные выводы и обобщения по теме вопросов;

- неумение использовать фундаментальные понятия из базовых естественнонаучных и общепрофессиональных дисциплин при ответах на зачете.

6.3. Примеры типовых контрольных заданий или иных материалов, необходимых для оценки результатов обучения, характеризующих сформированность компетенций.

Уровни освоения дисциплины оцениваются согласно требованиям, изложенным в паспорте каждой из указанных компетенций, где указаны критерии оценивания результатов обучения и Планируемые результаты обучения.

1. Общая характеристика электрохимических методов (ПК 1).
2. Потенциометрия. Механизм возникновения потенциала на электродах. Уравнение Нернста (ПК 3).
3. Индикаторные электроды и электроды сравнения (ПК 3).
4. Методы ионометрии (градуировочного графика, ограничивающих растворов, стандартных добавок, двойных добавок, разбавления). Возможности и ограничения (ПК 3).
5. Применение метода потенциометрии и потенциометрического титрования в анализе объектов окружающей среды (ПК 1).
6. Законы Фарадея. Кулонометрия при постоянном токе и при постоянном потенциале (ПК 3).
7. Кулонометрическое титрование. Способы генерации титранта (ПК 3).
8. Области применения метода кулонометрии и кулонометрического титрования (ПК-1).
9. Электропроводность растворов электролитов. Зависимость проводимости от концентрации и природы электролита, температуры раствора и природы растворителя (ПК 3).
10. Прямая кондуктометрия и кондуктометрическое титрование. Возможности и ограничения метода (ПК 3).
11. Классическая полярография. Основы полярографического метода анализа. Уравнение Ильковича (ПК 3).
12. Полярографическая кривая. Потенциал полуволны. Возможности и ограничения метода (ПК 3).
13. Основы инверсионной вольтамперометрии. Возможности метода (ПК 3).
14. Амперометрическое титрование. Индикаторные электроды (ПК 3).
15. Возможности метода вольтамперометрии в анализе объектов окружающей среды (ПК-1).
16. Электрохимические детекторы и средства контроля атмосферных загрязнений (ПК 1).
17. Сравнение электрохимического метода анализа воды с другими методами (ПК 1).

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Основы аналитической химии: [учеб. для вузов]: в 2 кн. / Алов Н.В., Барбалат Ю.А., Дорохова Е.Н., Золотов Ю.А., Иванова Е.К. Кн. 2. Методы химического анализа. - М.: Высшая школа, 2002. - 494 с **в электронной форме**
2. Эколого-аналитический мониторинг стойких органических загрязнителей [Электронный ресурс] / В.Н. Майстренко, Н.А. Клюев. — М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012.
1. Москвин Л.Н. Методы разделения и концентрирования в аналитической химии. – М.: Интеллект, 2012 **в электронной форме**
2. Клаасен К. Основы измерений. Датчики и электронные приборы. – М.: Интеллект, 2012 г. **в бумажном виде**

3. Акинин Н.И. Промышленная экология: принципы, подходы, технические решения. – М.: Интеллект, 2011 г. **в бумажном виде**
4. Уайтхауз Д. Метрология поверхностей. Принципы, промышленные методы и приборы. - Изд. дом «Интеллект», 2009 **в бумажном виде**
5. Хайвер К., Ньютон Б., Сандра П., Уилсон М., Смит Э.Б., Снайдер У.Д., Гудли П., Лейбранд Р., Филипс Р. Дж., Гирхарт Р., Сандерс У. Дж. Высокоэффективная газовая хроматография: Пер. с англ. /Под ред. К. Хайвера. – М.: Мир, 1993. **В бумажном виде 2 экземпляра**
6. Золотов Ю.А., ред. Основы аналитической химии. Практическое руководство. М.: Высш. шк., 2003 **в бумажном виде 6 экз.**
7. Руководство ЕВРАХИМ/СИТАК Количественное описание неопределенности в аналитических измерениях. - 2-е изд. СПб.: ВНИИМ, 2002 **в бумажном виде 5 экз.**
8. Дворкин В.И. Метрология и обеспечения качества количественного химического анализа. М.: Химия, 2001 **в бумажном виде 2 экз.**
9. Дёрффель К. Статистика в аналитической химии. М.: Мир, 1994 **в бумажной и электронной форме**
10. Кельнер Р. Аналитическая химия. Проблемы и подходы. Т.1, Т.2. М.: Мир, 2004 **в бумажной и электронной форме**
11. Янсон Э.Ю. Теоретические основы аналитической химии: Учеб. пос., 1980 **в бумажном виде**
12. Калмановский В.И. Методическое руководство по курсу «Метрология для химиков», Часть 1/ - Нижний Новгород, 2006 **43 экз. в бумажном виде**

Дополнительная литература:

1. Аналитическая химия. Аналитика 2. Количественный анализ. Физико-химические (инструментальные) методы анализа / Ю.Я. Харитонов - М.: ГЭОТАР-Медиа, 2014. **В электронной форме**
2. Отто М. - Современные методы аналитической химии. - М.: Техносфера, 2006. - 416 с. **В бумажном виде 2 экз.; в электронной форме**
3. Другов Ю.С. Анализ загрязненных биосред и пищевых продуктов: Практическое руководство. – М.: Бином, 2007 **в электронной форме**
4. Другов Ю.С. Методы анализа загрязнений воздуха. – М.: Химия, 1984. **В электронной форме**
5. Другов Ю.С., Березкин В.Г. Газохроматографический анализ загрязненного воздуха. – М.: Химия, 1981. **В электронной форме**
6. Катеман Г. Пийперс Ф.В. Контроль качества химического анализа./Пер. с англ. Челябинск: Металлургия, 1989 **в бумажном виде**
7. Васильев В.П. Морозова Р.П. Кочергина Л.А. Практикум по аналитической химии: Уч. Для вузов М.: Химия, 2000 **в бумажном и электронном виде**
8. Калмановский В.И. Метрология для химиков: Учебное пособие. - Нижний Новгород, изд. Ю.А. Николаев, 2007 **в бумажном варианте 6 экз.**
9. Дорохова Е.Н. Прохорова Г.В. Задачи и вопросы по аналитической химии. М.: Мир, 2001 **в бумажном варианте**

в) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

<http://elibrary.ru>

<http://нэб.рф>

<http://info.sciencedirect.com/techsupport/journals/freedomcoll.htm>

<http://www.elsevier.com/solution/sciencedirect/content/book-title-lists>

Научная электронная библиотека [Электронный ресурс]: <http://www.elibrary.ru/defaultx.asp>.

Journal of Electroanalytical Chemistry [Электронный ресурс]: адрес доступа

<http://www.sciencedirect.com/science/journal/15726657>.

Книги Майстренко В.Н. [Электронный ресурс]: <http://www.bashedu.ru/kafedra-neorganicheskoi-khimii>.
The Electrochemical Society [Электронный ресурс]: <http://www.electrochem.org>.
Electroanalytical Chemistry Related: Journals on the WWW [Электронный ресурс]: <http://seac.tufts.edu/journals.html>

г) периодические издания:

1. Доклады Академии наук
2. Журнал аналитической химии
3. Журнал неорганической химии
4. Журнал физической химии
5. Заводская лаборатория
6. Известия ВУЗ: Материалы электронной техники
7. Квантовая электроника
8. Коллоидный журнал
9. Масс-спектрометрия
10. Металлы
11. Мир измерений
12. Неорганические материалы
13. Оптика и спектроскопия
14. Оптический журнал
15. Перспективные материалы
16. Теоретические основы химической технологии
17. Успехи химии
18. Физика и химия стекла
19. Фотоника
20. Химия и жизнь
21. Энциклопедия инженера-химика

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

- Ноутбук, медиа-проектор, экран.
- Программное обеспечение для демонстрации слайд-презентаций.

Программа составлена в соответствии с требованиями следующих нормативных документов:

1. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования по направлению подготовки 04.06.01. Химические науки (уровень подготовки кадров высшей квалификации) - приказ Минобрнауки России от 30.07.2014 № 869.
2. Паспорт специальности - паспорт научной специальности 02.00.02 – «Аналитическая химия», разработанный экспертами ВАК Минобрнауки России в рамках Номенклатуры специальностей научных работников, утвержденной приказом Минобрнауки России от 25.02.2009 г. № 59.

Авторы:

Зав. ЛПМПВВ, д.х.н.

Сенников П.Г.

Рецензент:

С.н.с. ЛАХВВ, к.х.н.

Созин А.Ю.

Карты компетенций, в формировании которой участвует дисциплина

ПК-1

Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения				
	1	2	3	4	5
ЗНАТЬ: перспективы и проблемы развития химии; фундаментальные основы химии, а также наук о материалах	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания о перспективах и проблемах развития химии; фундаментальных основах химии, а также наук о материалах	Неполные знания о перспективах и проблемах развития химии; фундаментальных основах химии, а также наук о материалах	Сформулированные, но содержащие отдельные пробелы знания о перспективах и проблемах развития химии; фундаментальных основах химии, а также наук о материалах	Полные и систематические знания о перспективах и проблемах развития химии; фундаментальных основах химии, а также наук о материалах
ЗНАТЬ: приоритетные направления научных исследований в организации, а также приоритетные направления развития науки, технологий и техники в Российской Федерации	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания о приоритетных направлениях научных исследований в организации, а также приоритетные направления развития науки, технологий и техники в Российской Федерации	Неполные знания о знания о приоритетных направлениях научных исследований в организации, а также приоритетные направления развития науки, технологий и техники в Российской Федерации	Сформулированные, но содержащие отдельные проблемы знания о приоритетных направлениях научных исследований в организации, а также приоритетные направления развития науки, технологий и техники в Российской Федерации	Полные и систематические знания о приоритетных направлениях научных исследований в организации, а также приоритетные направления развития науки, технологий и техники в Российской Федерации
УМЕТЬ: прогнозировать социальные последствия действия химических производств,	Отсутствие умений	Частично освоенное умение прогнозировать социальные последствия действия химических	В целом успешное, но не систематическое умение прогнозировать социальные последствия действия	В целом успешное, но содержащее определенные пробелы умение прогнозировать	Успешное и систематическое умение прогнозировать социальные

составлять план работы по заданной теме		производств, составлять план работы по заданной теме	химических производств, составлять план работы по заданной теме	социальные последствия действия химических производств, составлять план работы по заданной теме	последствия действия химических производств, составлять план работы по заданной теме
УМЕТЬ: проводить исследования по согласованному с руководителем плану, решать типовые задачи по выбранной направленности подготовки	Отсутствие умений	Частично освоенное умение проводить исследования по согласованному с руководителем плану, решать типовые задачи по выбранной направленности подготовки	В целом успешное, но не систематическое умение проводить исследования по согласованному с руководителем плану, решать типовые задачи по выбранной направленности подготовки	В целом успешное, но содержащее определенные пробелы умение проводить исследования по согласованному с руководителем плану, решать типовые задачи по выбранной направленности подготовки	Успешное и систематическое умение проводить исследования по согласованному с руководителем плану, решать типовые задачи по выбранной направленности подготовки
ВЛАДЕТЬ: навыками организации самостоятельной научно-исследовательской работы в научно-исследовательской организации	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение навыков организации самостоятельной научно-исследовательской работы в научно-исследовательской организации	В целом успешное, но не систематическое применение навыков организации самостоятельной научно-исследовательской работы в научно-исследовательской организации	В целом успешное, но содержащее определенные пробелы применение навыков организации самостоятельной научно-исследовательской работы в научно-исследовательской организации	В целом успешное и систематическое применение навыков организации самостоятельной научно-исследовательской работы в научно-исследовательской организации
ВЛАДЕТЬ: навыками взаимодействия с учеными и научными группами, проводящими исследования в аналогичных	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение навыков взаимодействия с учеными и научными группами, проводящими исследования в	В целом успешное, но не систематическое применение навыков взаимодействия с учеными и научными группами, проводящими исследования	В целом успешное, но содержащее определенные пробелы применение навыков взаимодействия с учеными и научными группами, проводящими	В целом успешное и систематическое применение навыков взаимодействия с учеными и научными группами,

направлениях		аналогичных направлениях	в аналогичных направлениях	исследования в аналогичных направлениях	проводящими исследования в аналогичных направлениях
--------------	--	--------------------------	----------------------------	---	---

ПК-3

Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения				
	1	2	3	4	5
ЗНАТЬ: Требования к корректному выбору методов обработки экспериментальных данных и/или методов численного моделирования химических процессов; современные направления развития метод обработки экспериментальных данных и/или методов численного моделирования в своей профессиональной области	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания о требованиях к корректному выбору методов обработки экспериментальных данных и/или методов численного моделирования химических процессов; современные направления развития метод обработки экспериментальных данных и/или методов численного моделирования в своей профессиональной области	Неполные знания о требованиях к корректному выбору методов обработки экспериментальных данных и/или методов численного моделирования химических процессов; современные направления развития метод обработки экспериментальных данных и/или методов численного моделирования в своей профессиональной области	Сформированные, но содержащие определенные пробелы знания о требованиях к корректному выбору методов обработки экспериментальных данных и/или методов численного моделирования химических процессов; современные направления развития метод обработки экспериментальных данных и/или методов численного моделирования в своей профессиональной области	Сформированные и систематические знания о требованиях к корректному выбору методов обработки экспериментальных данных и/или методов численного моделирования химических процессов; современные направления развития метод обработки экспериментальных данных и/или методов численного моделирования в своей профессиональной области

<p>УМЕТЬ:</p> <p>Корректно использовать современные методы обработки экспериментальных данных и/или современные методы численного моделирования сложных химических процессов в своей профессиональной области</p>	<p>Отсутствие умений</p>	<p>Частично освоенное умение корректно использовать современные методы обработки экспериментальных данных и/или современные методы численного моделирования сложных химических процессов в своей профессиональной области</p>	<p>В целом успешное, но не систематическое умение корректно использовать современные методы обработки экспериментальных данных и/или современные методы численного моделирования сложных химических процессов в своей профессиональной области</p>	<p>В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение корректно использовать современные методы обработки экспериментальных данных и/или современные методы численного моделирования сложных химических процессов в своей профессиональной области</p>	<p>Успешное и систематическое умение корректно использовать современные методы обработки экспериментальных данных и/или современные методы численного моделирования сложных химических процессов в своей профессиональной области</p>
<p>ВЛАДЕТЬ:</p> <p>Современными методами обработки экспериментальных данных и/или современными методами численного моделирования в химическом анализе; систематическими знаниями в области современных методов обработки экспериментальных данных в области аналитической химии.</p>	<p>Отсутствие навыков</p>	<p>Фрагментарное применение современных методов обработки экспериментальных данных и/или современными методами численного моделирования в химическом анализе; систематическими знаниями в области современных методов обработки экспериментальных данных в области аналитической химии.</p>	<p>В целом успешное, но не систематическое применение современных методов обработки экспериментальных данных и/или современными методами численного моделирования в химическом анализе; систематическими знаниями в области современных методов обработки экспериментальных данных в области аналитической химии.</p>	<p>В целом успешные, но содержащие определенные пробелы навыки применения современных методов обработки экспериментальных данных и/или современными методами численного моделирования в химическом анализе; систематическими знаниями в области современных методов обработки экспериментальных данных в области аналитической химии.</p>	<p>Успешное и систематическое применение навыков применения современных методов обработки экспериментальных данных и/или современными методами численного моделирования в химическом анализе; систематическими знаниями в области современных методов обработки экспериментальных данных в области аналитической химии.</p>

