

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Ордена Ленина и Ордена Октябрьской Революции Институт геохимии и  
аналитической химии им. В.И. Вернадского Российской академии наук  
(ГЕОХИ РАН)

ПРИНЯТО

Ученым советом ГЕОХИ РАН

Протокол № 8 от 22 октября 2014 г.



УТВЕРЖДАЮ

Зам. директора ГЕОХИ РАН

д.х.н. Колотов В.П.

22 октября 2014 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**«Хроматография в аналитической химии»**

**Направления подготовки:** 04.06.01 - Химические науки

*(указывается код и наименование направления подготовки)*

**Направленности (профили) подготовки:** 02.00.02 «Аналитическая химия»

*(наименование направленности подготовки)*

**Квалификация:** Исследователь. Преподаватель-исследователь

**Форма обучения:** Очная

**Вид итогового контроля:** Зачет

*(Зачет/Дифференцированный зачет/Экзамен)*

**Москва 2014**

## 1. Цели и задачи освоения дисциплины

*Цель настоящей программы* - заложить основы знаний в области динамики сорбционных процессов и хроматографического способа разделения веществ, современной аналитической хроматографии, познакомить с высокоэффективными, селективными и чувствительными инструментами в области газовой, жидкостной и ионной хроматографии.

*Задачи дисциплины* связаны с ознакомлением аспирантов со следующими вопросами:

- теоретические основы сорбционных и, в частности, хроматографических процессов, равновесные и кинетические факторы, влияющие на их протекание;
- области применения хроматографических методов анализа;
- принципиальные схемы приборов и оборудования, их преимущества и ограничения;
- общие приемы анализа, включая отбор проб, устранение мешающего влияния компонентов и концентрирование;
- методы статистической обработки результатов анализа и оценки их правильности.

## 2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Хроматография в аналитической химии» входит в вариативную часть ООП и относится к дисциплинам по выбору обучающихся, которые направлены на подготовку к сдаче кандидатского экзамена по специальности.

### **Требования к предварительной подготовке обучающегося:**

*Знать:* физико-химические основы хроматографического разделения и возможность их применения для решения различных практических задач аналитической химии; принципы выбора условий разделения и детектирования целевых продуктов в различных методах.

*Уметь:* самостоятельно ставить задачу разработки методики определения компонентов в различных объектах; выбирать условия разделения целевых продуктов (неподвижную и подвижную фазы, вариант детектирования); обсуждать результаты проведенного исследования, ориентироваться в современной литературе по теории хроматографических методов и применению их в различных областях науки и производства, вести дискуссию по вопросам закономерностей и использования методов.

*Владеть:* основами фундаментальных разделов химии (прежде всего аналитической, неорганической, органической, физической) и применять знания в этих областях химии при обсуждении полученных результатов, в том числе с привлечением информационных баз данных; навыками химического эксперимента, основными синтетическими и аналитическими методами получения и исследования химических веществ и реакций.

### 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Код компетенции	Содержание компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине
<b>УК-1</b>	способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	<b>Знать:</b> методы критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методы генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях. <b>Уметь:</b> анализировать альтернативные варианты решения исследовательских и практических задач. <b>Владеть:</b> навыками анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях.
<b>ОПК-1</b>	способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий	<b>Знать:</b> современные способы использования информационно-коммуникационных технологий в выбранной сфере деятельности <b>Уметь:</b> выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования.
<b>ОПК-2</b>	готовность организовать работу исследовательского коллектива в области химии и смежных наук	<b>Знать:</b> основные принципы организации работы в коллективе и способы разрешения конфликтных ситуаций/ <b>Уметь:</b> планировать научную работу, формировать состав рабочей группы и оптимизировать распределение обязанностей между членами исследовательского коллектива.
<b>ПК-1</b>	способность и готовность к самостоятельному проведению научно-исследовательской работы и получению научных	<b>Знать:</b> современное состояние науки в области аналитической химии. <b>Владеть:</b> методами планирования, подготовки, проведения научно-исследовательской работы по

	результатов в области аналитической химии	направленности (02.00.02 Аналитическая химия).
--	---	--

#### 4. Структура и содержание дисциплины

Приведенная ниже таблица отражает распределение учебного времени, отводимого на освоение основных разделов курса. Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы (108 часов).

Наименование дисциплины	Объем учебной работы (в часах)						Вид итогового контроля	
	Всего	Всего аудит.	Из аудиторных					Сам. Работа
			Лекц.	Лаб.	Прак.	КСР.		
Хроматография в аналитической химии	108	18	18		-	-	90	Зачет

Содержание разделов дисциплины:

Содержание раздела (темы)	Количество часов
<i>Лекции</i>	
<b>1. Введение. Хроматографический метод: характеристика, цели и задачи.</b> Понятие метода химического анализа. Определение аналитической хроматографии.	2
<b>2. Методы сорбционного разделения смесей веществ.</b> Классификация хроматографических методов анализа. Представление о сорбционном процессе. Сорбционная емкость, распределение и диффузия. Законы, управляющие процессами разделения. Материальный баланс в сорбции. Сорбционное равновесие. Кинетика сорбции. Задача высокоэффективной элютивной хроматографии. Вывод хроматографических характеристик.	4
<b>3. Принципы аналитической хроматографии.</b> Принципиальная схема аналитического хроматографа. Разделяющая колонка. Неподвижная фаза в высокоэффективной хроматографии. Узлы и системы хроматографа.	2
<b>4. Результаты хроматографического анализа.</b> Обработка результатов хроматографического эксперимента. Способы минимизации систематической ошибки и получения информации о хроматографической системе. Решение задач аналитической хроматографии с помощью математического моделирования процессов.	2

<b>5. Газовая хроматография.</b> Назначение и область применения метода. Элементы газового хроматографа. Фазы и процессы. Селективность разделения в газовой хроматографии. Детекторы. Применение метода в анализе.	2
<b>6. Высокоэффективная жидкостная хроматография.</b> Назначение и область применения метода. Элементы жидкостного хроматографа. Фазы и процессы. Элюирующая способность подвижной фазы. Детекторы. Применение метода в анализе.	2
<b>7. Ионная хроматография.</b> Назначение и область применения метода. Элементы ионного хроматографа. Разделяющие сорбенты. Селективность разделения в ионной хроматографии. Применение метода в анализе. Оборудование по ионной хроматографии. О проведении экспериментальных работ по ионной хроматографии	2
<b>8. Автоматизация анализа и использование ЭВМ в аналитической хроматографии.</b> Необходимость автоматизации и интеллектуализации современного химического анализа. Уровни моделирования хроматографических методов. Прямые, оптимизационные и обратные задачи математического моделирования. Основы организации процесса анализа. Программа IONCHROM. Составление методик хроматографического анализа по примерам	2

### **5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы аспирантов**

Самостоятельная работа подкрепляется учебно-методическим и информационным обеспечением, включающим учебники, учебно-методические пособия, конспекты лекций. Основные виды самостоятельной работы: в читальном зале библиотеки, в домашних условиях с доступом к ресурсам Интернет.

Основной контроль знаний осуществляется в процессе участия в практических занятиях (обсуждения, ответов на вопросы, выполнение расчетных заданий).

### **6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

#### **6.1. Основная литература:**

1. Долгоносов А.М., Рудаков О.Б., Прудковский А.Г. Колоночная аналитическая хроматография: практика, теория, моделирование. СПб, Лань. 2015. 468 с.
2. Руденко Б.А., Руденко Г.И. Высокоэффективные хроматографические процессы. М.: Наука, 2003. Т.1,2.
3. Аналитическая химия. Проблемы и подходы: В 2 т. / Под ред. Р. Кельнера, Ж.-М. Мерме, М. Отто, М. Видмера. М.: Мир, 2004.

## 6.2. Дополнительная литература:

4. Отто М. Современные методы аналитической химии. В 2-х т. М.: Техносфера, 2003, 2004. 416, 288 с.
5. Долгоносов А.М., Сенявин М.М., Волощик И.Н. Ионный обмен и ионная хроматография. М.: Наука, 1993, 222 с.

## 7. Образовательные технологии

Кроме очных лекций проводятся практические занятия на базе аналитических лабораторий ГЕОХИ, используется самостоятельная работа и выполнение расчетных заданий. При осуществлении образовательного процесса по дисциплине используются следующие информационно-телекоммуникационные технологии:

- Персональный компьютер (или ноутбук) с необходимым программным обеспечением для работы устройства, а также для демонстрации презентаций MS PowerPoint.
- Программа-симулятор ионной хроматографии: IONCHROM (Прудковский А.Г., Долгоносов А.М. Программа для моделирования ионной хроматографии IONCHROM. Роспатент: свидетельство № 2000610520 (РФ), выд.19.06.2000).

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

8.1. В специализированных аналитических лабораториях ГЕОХИ имеются в наличии:

- Ионные хроматографы «Цвет-3006,-3007», ХПИ-1.
- Приборы: бидистиллятор, весы технические, весы аналитические, микроскоп.
- Лабораторная посуда.
- Химические реактивы.

8.2. Лекционная аудитория, оборудованная проекционным оборудованием и доступом в сеть «Интернет».

9. Оценочные средства (в виде устных вопросов, тем расчетно-графических работ, тем реферата).

9.1. Перечень примерных вопросов для текущего контроля знаний

1. Подвижная и неподвижная фазы и виды элютивной хроматографии. Блок-схема хроматографа. Методы дозирования пробы.

2. Уровни и задачи математического моделирования методов аналитической химии.
3. Одноколоночная ионная хроматография: подвижные фазы, детекторы, преимущества и недостатки по сравнению с двухколоночным вариантом.
4. Принципы работы основных типов детекторов для жидкостной хроматографии. Области применения ВЭЖХ.
5. Классификация методов хроматографического анализа. Хроматография как сорбционный процесс.
6. Газовая хроматография. Колонки, сорбенты, носители, неподвижные фазы, подвижные фазы, механизмы разделения.
7. Качественный и количественный хроматографический анализ. Основные хроматографические характеристики.
8. Принципы работы и рабочие характеристики основных детекторов для газовой хроматографии. Области применения газовой хроматографии.
9. Жидкостная хроматография. Нормально-фазовая и обращено-фазовая хроматография. Высокоэффективная жидкостная хроматография (ВЭЖХ). Колонки, сорбенты, подвижные фазы, механизмы удерживания.
10. Ионообменная хроматография. Равновесие и селективность ионного обмена. Высокоэффективная ионообменная хроматография. Сорбенты.
11. Ионная хроматография с химическим подавлением электропроводности. Процессы, происходящие в разделяющей колонке и в подавителе. Применение ионной хроматографии.
12. Автоматизация анализа и использование ЭВМ в аналитической химии. Необходимость автоматизации и интеллектуализации современного химического анализа.

#### 9. 2. Примерная тематика расчетно-графических работ:

- Анализ экспериментальной хроматограммы.
- Определение времени удерживания, высоты, полуширины, площади пика.
- Освоение приемов определения компонентов в неразделенных пиках.
- Обработка результатов эксперимента при помощи EXCEL и вручную.
- Программирование для построения графиков при помощи POSC-10 расчета характеристик градуировочного графика.

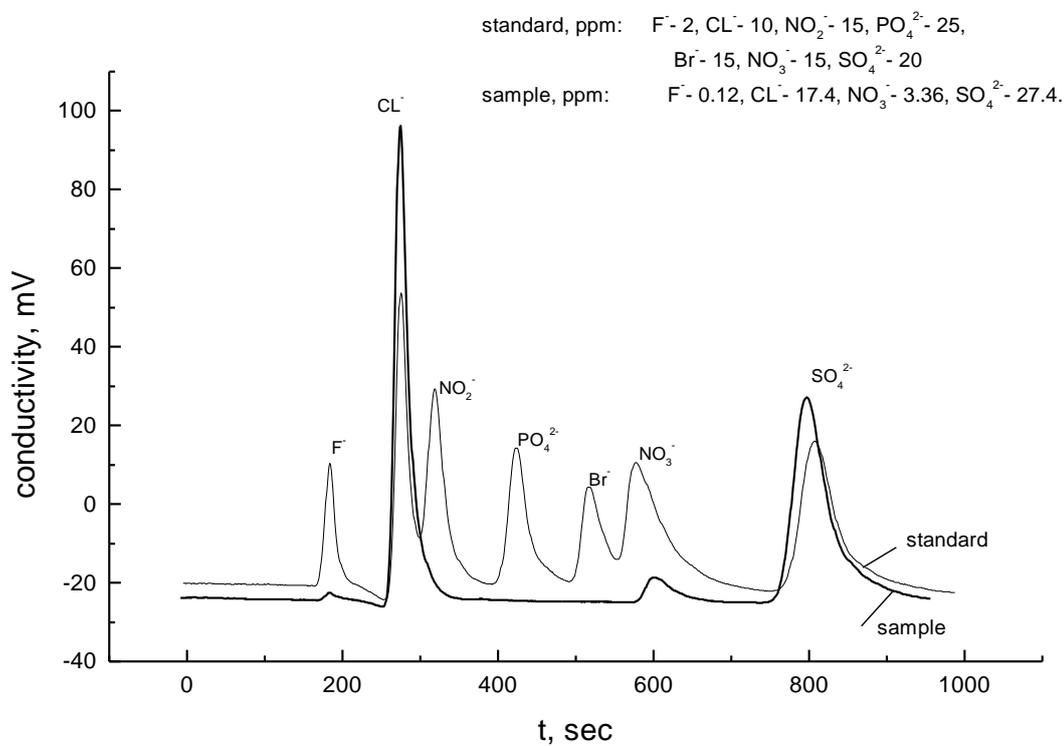
- Применение программы IONCHROM для анализа экспериментальной хроматограммы.

### 9. 3. Список примерных тем для рефератов

1. История и виды хроматографии в анализе и технологии.
2. Законы сорбционной динамики и теория высокоэффективной хроматографии.
3. Механизмы сорбционного разделения смесей веществ: природа и закономерности.
4. Современные инструменты для хроматографии: устройство, функции, характеристики.
5. Программное обеспечение для хроматографии. Необходимость моделирования методов анализа.
6. Курс ионной хроматографии на базе программы IONCHROM.

## Пример самостоятельной работы с хроматограммами с использованием различных программ

### 1. Работа с хроматограммой с использованием программы POSC-10

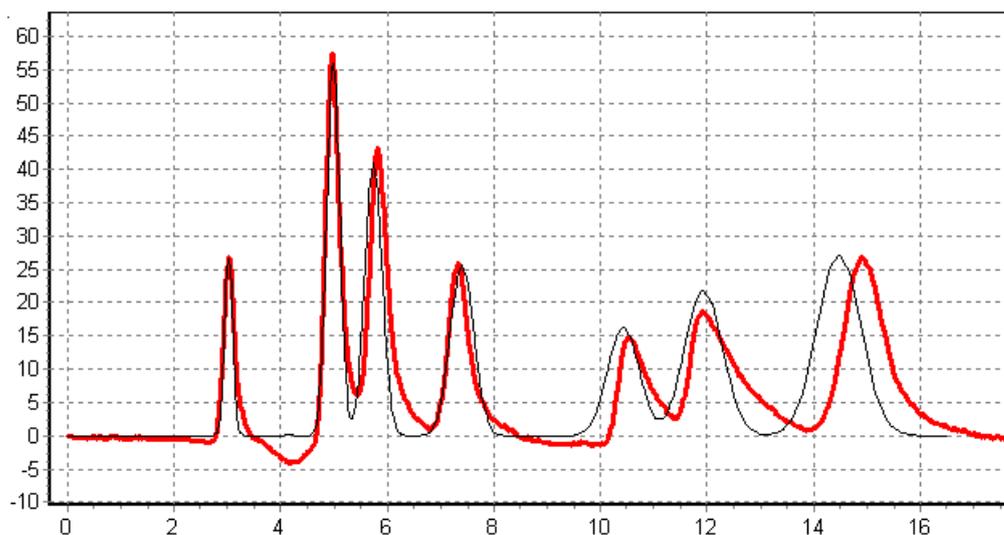


Экспериментальный файл с расширением .dat импортируется программой POSC-10 (команда Import ASCII). По полученной двухрядной матрице, выделив вторую колонку, с помощью команды Line в Меню Plot строится график. Подписываются оси, условия эксперимента. С помощью команды Import ASCII импортируются данные эксперимента со стандартной смесью, проведенного в тех же условиях. Подписываются пики хроматограммы стандарта. По сравнению двух хроматограмм проводится идентификация компонентов неизвестной пробы. Определяются высоты пиков. Составляются пропорции и определяются концентрации компонентов неизвестной пробы. Результат записывается в характеристике пробы.

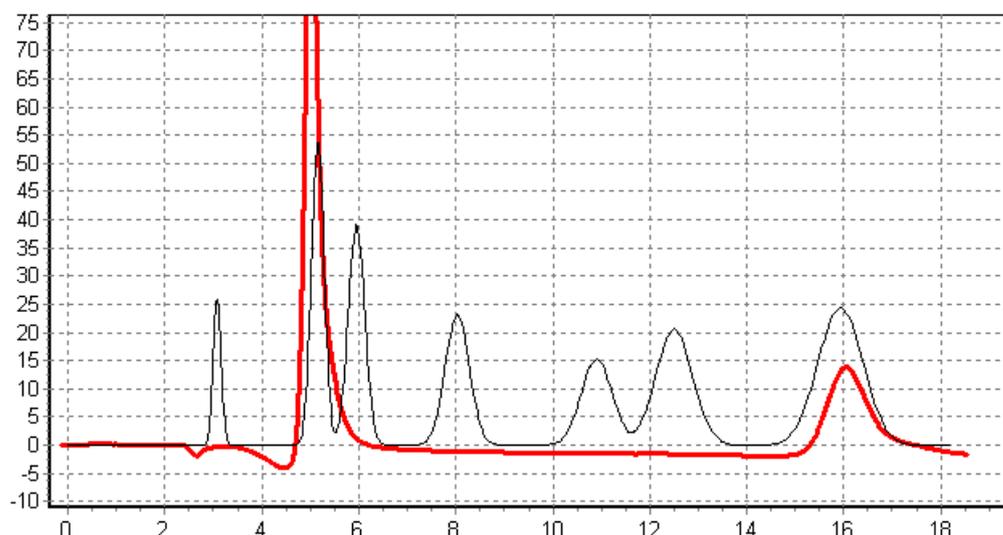
### 2. Работа с программой IONCHROM.

В окна программы с характеристиками элементов схемы хроматографа заносятся данные эксперимента со стандартной смесью (Элюент, Насос, Дозатор, Разделяющая колонка, Подавитель, Детектор и соединения). Строится теоретическая хроматограмма. На поле хроматограммы выводятся экспериментальные данные опыта со стандартом из файла с

расширением .dat. Затем, варьируя коэффициент чувствительности детектора, добиваются удовлетворительного совпадения расчетной и экспериментальной кривых.



На поле хроматограммы выводятся экспериментальные данные опыта с неизвестной пробой из файла с расширением .dat. При щелчке мышью по пикам экспериментальной хроматограммы появляется строка с рассчитанными параметрами пика, по которым определяют качественный и количественный состав пробы.



Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 04.06.01 Химические науки (уровень кадров высшей квалификации). Приказ Минобрнауки РФ №869 от 30 июля 2014г. (зарегистрирован в Минюсте России 20 августа 2014г., регистрационный № 33718).

Автор (ы): доктор химических наук Долгоносов Анатолий Михайлович

## ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ В ОПОП ВО

№ листа изменений или наименования элемента приложения	№ протокола Ученого Совета (секции Уч. Совета)	Дата заседания Ученого Совета (секции Уч. Совета)	Всего листов в документе	Подпись зам. директора по научной работе
	Рабочая программа обсуждена и принята на заседании Ученого совета ГЕОХИ РАН, протокол № 8	22 октября 2014 года	11	
--	Обновленный текст программы принят на заседании Ученого совета РАН, Протокол №11(8)	28 декабря 2016 года	11	