



**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
(ФГБОУ ВО «ИГУ»)  
Факультет химический

**УТВЕРЖДАЮ**  
Декан химического факультета  
«17» 06 /Вильмс А.И.  
2019 г.



**Рабочая программа дисциплины**

Индекс дисциплины по УП: Б1.В.ДВ.2.1.

Наименование дисциплины: **Комплексные соединения с органическими реагентами**

Направление подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре:  
**04.06.01 - Химические науки**

Направленность подготовки:  
**Аналитическая химия**

Форма обучения **очная / заочная**

Согласовано с УМК химического факультета  
протокол № 12 от «17» 06 2019 г.  
Председатель УМК Вильмс А.И. Вильмс А.И.

**Иркутск 2019 г.**

## Содержание

Стр.

1	Цели и задачи дисциплины.	3
2	Место дисциплины в структуре ООП	3
3	Требования к результатам освоения дисциплины	3
4	Объем дисциплины и виды учебной работы	4
5	Содержание дисциплины.	5
	5.1 Содержание разделов и тем дисциплины	5
	5.2 Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с последующими дисциплинами	6
	5.3 Разделы и темы дисциплин и виды занятий	6
6	Перечень вопросов и заданий для самостоятельной подготовки	7
7	Примерная тематика курсовых проектов	-
8	Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины: а) федеральные законы и нормативные документы; б) основная литература; в) дополнительная литература; г) программное обеспечение; д) базы данных, поисково-справочные и информационные системы	7
9	Материально-техническое обеспечение дисциплины.	9
10	Образовательные технологии.	9
11	Оценочные средства. (ОС).	9

## 1. Цель курса

Настоящий курс имеет целью ознакомить аспирантов с современным состоянием химии комплексных (координационных) соединений и, в частности, комплексных соединений с органическими лигандами, теоретическими основами равновесий комплексообразования, методами исследования состава и структуры; методическими подходами в обосновании возможности использования комплексов в различных методах анализа.

### Задачи курса

Ознакомить аспирантов с основными направлениями использования комплексных соединений с органическими лигандами в аналитической химии; свойствами соединений, лежащими в основе определения веществ различными методами, перспективами развития методов анализа с использованием комплексных соединений.

## 2. Место дисциплины в структуре ООП

«Комплексные соединения с органическими реагентами в аналитической химии» - дисциплина по выбору учебного плана (Б1.В.ДВ.2.1), Курс базируется на знании разделов органической химии, основ химического равновесия, методов аналитической химии.

В результате знания свойств комплексных соединений с органическими реагентами аспиранты должны свободно ориентироваться в выборе методов определения веществ, связанных с использованием реакций комплексообразования; повышением чувствительности и избирательности определения.

## 3. Требования к результатам освоения дисциплин

В ходе изучения дисциплины «Комплексные соединения с органическими реагентами в аналитической химии» выпускник, освоивший программу аспирантуры, должен обладать следующими универсальными компетенциями:

- способностью самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий (ОПК-1);
- способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1);
- ПК-1 уметь собирать и анализировать научную литературу с целью выбора направления исследования и самостоятельно составлять план исследования в рамках выбранного направления подготовки
- ПК-2 самостоятельно определять перечень необходимых инструментальных методов исследования, используемых при выполнении диссертационной работы по выбранному направлению подготовки; современные способы обработки и интерпретации получаемых результатов; представлять возможности и ограничения методов

В результате освоения дисциплины аспирант должен:

**Знать:** возможности используемых методов исследования, самостоятельно определять направление и план исследования на основе анализа литературных данных.

**Уметь:** использовать современные комплексы и базы данных для обработки результатов исследований, представлять полученные данные в виде научных публикаций, презентаций, дискуссий.

**Владеть:** современными методами исследования, представлять их возможности и ограничения, владеть основами преподавательской деятельности.

### 3. Объем дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов Очно/заочно		Курс очно/заочно			
	очн.	заочн.	1	2	3	4
Аудиторные занятия (всего)	36	24		36/24		
В том числе:	-				-	-
Лекции	18	12		18/12		
Практические занятия	18	12		18/12		
Контактная работа	36	24		36/24		
<b>Самостоятельная работа (всего)</b>	<b>72</b>	<b>84</b>		<b>72/84</b>		
Вид промежуточной аттестации - зачет с оценкой	+	+		+		
Общая трудоемкость:						
Часы	108	108		108		
зачетные единицы	3	3		3		

## 5. Содержание дисциплины

### 5.1. Содержание разделов и тем дисциплины.

**5.1.1. Введение.** Роль комплексных соединений с неорганическими и органическими лигандами в практике аналитических определений. Преимущества органических реагентов (лигандов) перед неорганическими. Основные свойства комплексных соединений, используемые в методах анализа. УК-1, ОПК-1, ПК-1.

**5.1.2. Общие положения химии комплексных соединений.** Классификация комплексов: внутри- и внешнесферные, моно- и полиядерные, гомополиядерные и гетерополиядерные, однороднолигандные и смешанолигандные. Внутриккомплексные соединения. Хелаты. Теории образования химической связи. ПК-1, ПК-2.

**5.1.3. Равновесия реакций комплексообразования моноядерных комплексов.** Термодинамическая, концентрационная и условная константы. Методы определения равновесных концентраций комплексообразователя, лиганда, комплексной частицы. Функция образования (функция закомплексованности), среднее лигандное число. Ступенчатое комплексообразование. ПК-1, ПК-2.

**5.1.4. Теоретические основы действия органических реагентов в комплексных соединениях.** Функционально-аналитические группы (ФАГ) и их таутомерия. Дентатность групп и лигандов. Аналитико-активные группы и их типы. Теория аналогий Кузнецова. ПК-2.

**5.1.5. Исследование комплексообразования в растворах.** Определение состава, констант устойчивости комплексных частиц электрохимическими и фотометрическими методами.

Протонирование лиганда. Способы определения констант протонизации и диссоциации. ПК-1, ПК-2.

**5.1.6. Методы исследования органических реагентов и комплексов:** возможности электрохимических методов – потенциометрия и вольтамперометрия, спектроскопия в УФ, видимой и ИК области спектра, ЯМР, ЭПР и квантово-химические методы. ПК-2,

**5.1.7. Прогнозирование свойств органических реагентов и комплексов.** Константы и эмпирическое уравнение Гаммета, уравнения связи показателя константы диссоциации, рН полуреакции, показателя константы устойчивости. Корреляция кислотно-основных свойств органических реагентов с характеристиками комплексов. УК-1, ОПК-1, ПК-2.

**5.1.8. Реакции ионов с ОР,** используемые в различных методах анализа:

1) образование простых солей; 2) образование циклических соединений с азот-, кислород-, серусодержащими соединениями; 3) макроциклические соединения, особенности строения (суперхелатный эффект) и условий комплексообразования, применение; 3) образование соединений адсорбционного типа; 4) индикаторы в окислительно-восстановительных реакциях; окислительно-восстановительные реакции каталитического типа, ферментативные реакции с учетом их особенностей; 5) ОР в качестве осадителей и соосадителей; б) ионный обмен и сорбция, комплексообразующие сорбенты; 7) синтез новых соединений.

**5.1.9. Избирательность аналитических определений.** Изменение избирательности: 1) за счет условий определения (рН, маскирование, кинетика комплексообразования; 2) за счет структуры реагента (изменение кислотно-основных свойств, введение ФАГ маскирующего действия, учет размера полости цикла). ПК-2, УК-1, ОПК-1.

**5.1.10. Чувствительность и аналитических определений.** Приемы повышения чувствительности с применением ОР. Использование свойств разнолигандных комплексных соединений. Особенности комплексообразования в присутствии ПАВ: мицеллообразование и солюбилизация, аналитические эффекты, определение органических соединений. ПК-2

**5.1.11. Устойчивость комплексных соединений с органическими лигандами.** Факторы, определяющие устойчивость комплексов: **свойства центрального иона-комплексообразователя** (электронная конфигурация, ионный радиус, потенциал ионизации, электроотрицательность), **свойства лиганда** (природа донорного атома, размер цикла, межмолекулярные и внутримолекулярные водородные связи; **внешние факторы** (ионная сила и ионный состав раствора, природа растворителя). ПК-2.

**5.1.12. Современные тенденции использования комплексных соединений с органическими реагентами:** твердофазная спектрофотометрия, сорбционно-фотометрический и сорбционно-люминесцентный методы анализа, цветометрия - цветовые характеристики. ПК-2.

**5.1.13. Использование органических реагентов в тест-системах.** Химические основы тестов: реакции и реагенты, их выбор. Средства и приемы анализа жидких сред. Бумажные полоски и их аналоги, индикаторные порошки, индикаторные трубки, таблетки и подобные им формы, каталитические реакции. Системы регистрации. ПК-2, УК-1, ОПК-1.

## **5.2 Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами**

Знания, полученные при изучении дисциплины, необходимы при выполнении научно-исследовательской работы и выпускной квалификационной работы аспиранта.

### 5.3 Разделы и темы дисциплин и виды занятий (очно/заочно)

№ п/п	Наименование раздела	Наименование темы	Лекции	Практич. занятия	СР.	Всего
1.	Введение	Роль комплексных соединений с неорганическими и органическими лигандами в практике аналитических определений.	1/1		2	3/1
2.	Общие положения химии комплексных соединений	Классификация комплексов.	1/1	2/1	8/8	12/11
		Теории образования химической связи.	1/1			
3	Равновесия реакций комплексообразования	Термодинамическая, концентрационная и условная константы.	1	2/1	8/10	13/12
		Методы определения равновесных концентраций.	1/1			
		Ступенчатое комплексообразование	1			
4	Теоретические основы действия ОР	Функционально-аналитические и аналитико-активные группы, таутомерия.	1	1/1	6/4	8/5
5	Исследование комплексообразования в растворах	Определение состава, констант устойчивости.	1/1	2/1	8/10	13/14
		Определение констант диссоциации	1/1	1/1		
6	Методы исследования ОР и комплексов	Методы исследования ОР и комплексов	2/1	2/1	8/10	12/12
7.	Прогнозирование свойств	Константы и эмпирическое уравнение Гаммета	1		6/8	7/8
8.	Реакции ионов с ОР	Химизм реакций, возможности использования в методах анализа	1/2	2/2	6/6	9/10
9	Чувствительность аналитических определений.	Приемы повышения чувствительности. Реакции с ПАВ	1/1	2/2	6/10	9/13
10.	Факторы, определяющие устойчивость КС	Свойства центрального иона комплексообразователя, лиганда, внешние факторы	2/1	2/1	8/8	12/10
11	Современные тенденции использования ОР	Твердофазная спектроскопия, цветометрия. Тест-системы	2/1	2/1	6/10	10/12
	Всего часов		18/12	18/12	72/84	108

## 6. Перечень практических занятий

	№ раздела и темы дисциплины	Наименование семинара	Трудоемкость (часы)	Оценочные средства	Формируемые компетенции
1	2. Общие положения химии комплексных соединений	Теории образования химической связи. Внутрикмплексные соединения с органическими лигандами.	2/1	Устный опрос	ПК-1, ПК-2, УК-1
2	3. Равновесия реакций комплексообразования	Расчет констант. Определение равновесных концентраций	2/1	Устный опрос	ПК-1, ПК-2
3	4. Теоретические основы действия ОР	Функционально-аналитические и аналитико-активные группы. Механизм реакции комплексообразования	2/1	Разбор материала	ПК-2, ОПК-1, УК-1
4	5. Исследование комплексообразования в растворах	Определение состава, констант устойчивости. Определение констант диссоциации	2/2	Решение задач	ПК-1, ПК-2
5	6. Методы исследования ОР и комплексов	Методы исследования ОР и комплексов	2/1	Реферат	ПК-2, ОПК-1, УК-1
6	8. Реакции ионов с ОР	Химизм реакций, возможности использования в методах анализа	2/2	Доклады, сообщения	ПК-2, ОПК-1, УК-1
7	9. Чувствительность аналитических определений.	Приемы повышения чувствительности. Реакции с ПАВ	2/2	Доклады	ПК-2, ОПК-1
8	10. Факторы, определяющие устойчивость КС	Свойства центрального иона комплексообразователя, лиганда, внешние факторы	2/1	Реферат	ПК-2
9	11.Современные тенденции использования ОР	Твердофазная спектроскопия, цветометрия. Тест-системы	2/1	Сообщение	ПК-2, ОПК-1, УК-1
			18/12		

## 7. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ - НЕТ

### 8. Учебно-методическое и информационное обеспечение

а) основная литература.

1. Шаулина Л.П. Органические реагенты и комплексные соединения в аналитической химии. Учеб. пособие. Иркутск, ИГУ, 2012. 107 с. – 20 экз.
2. Шаулина Л.П. Органические реагенты и комплексные соединения в аналитической химии [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Л. П. Шаулина. - ЭВК. - Иркутск : ИГУ, 2012. - Режим доступа: ЭЧЗ "Библиотех". - Неогранич. доступ.

3. Недвецкая Г.Б., Шаулина Л.П. Анализ органических и элементоорганических соединений. Учеб. пособие. Иркутск: Изд-во ИГУ. 2014, 93 с. ISBN: 978-5-96424-1028-9 – 21 экз.
4. Шаулина Л. П. Методы разделения и концентрирования в аналитической химии [Текст] : учеб. пособие / Л. П. Шаулина ; рец.: Л. Н. Корсун, Л. М. Димова ; Иркут. гос. ун-т, Хим. фак. - Иркутск : Изд-во ИГУ, 2014. - 102 с. : ил.; 21 см. – ISBN 978-5-9624-1145-3 – 25 экз.

б) дополнительная литература

1. Основы аналитической химии: в 2кн.: Учеб. для вузов / Ю.А.Золотов, Е.Н.Дорохова, В.И.Фадеева и др.; Под ред. Ю.А.Золотова. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Высш. шк.  
Кн.1 : Общие вопросы. Методы разделения. - 2-е изд., перераб. и доп. - 2002. - 351 с. : ил. ; 21см. - ISBN 5060035581 – 51 экз
2. Аналитическая химия: проблемы и подходы: В 2 т. / Под ред. Р. Кельнера, Ж.-М. Мерме, М. Отто, Г.М. Видмера, Пер.с англ. А.Г. Борзенко и др. - М. : Мир, 2004 - ISBN 5-03-3559-1.
3. Т.1. - 2004. - 608 с.: ил; 24 см. - (Лучший зарубежный учебник). - Пер. изд.: Analytical Chemistry: The Approved Text to the FECS Curriculum Analytical Chemistry / by R. Kellner., etc. Ed. by R. Kellner. - Weinheim., etc., 1998. - ISBN 5-03-003559-1. - ISBN 5-17-019774-8 :
4. Аналитическая химия: проблемы и подходы: В 2 т. / Под ред. Р. Кельнера, Ж.-М. Мерме, М. Отто, Г.М. Видмера; Пер. с англ. А.Г. Борзенко и др. - М. : Мир, 2004 - . - ISBN 5-03-003559-1.  
Т.2. - 2004. - 728 с. : ил ; 24 см. - Предм. указ.: с. 697-724. - ISBN 5-03-003561-3. - ISBN 5-17-021059-0
5. Инцеди Я. Применение комплексов в аналитической химии. М.: Мир, 1979.
6. Апяри В.В. Реакции азосочетания и конденсации с участием пенополиуретанов и их аналитическое использование. Автореферат диссерт. на соискание уч. степени канд. хим. наук. М., 2001.-25с
7. В.В. Кузнецов. Применение органических аналитических реагентов в анализе неорганических веществ. Под ред. Проф. А.П. Крешкова. - М.: МХТИ, 1972. 143 с.

**Интернет-источники**

1. [www.elar.usu.ru/.../1569/1/1333921\\_exam.pdf](http://www.elar.usu.ru/.../1569/1/1333921_exam.pdf)
  2. [http://www.ksu.ru/chmku/docs/kn4\\_06.rtf](http://www.ksu.ru/chmku/docs/kn4_06.rtf)
  3. [www.xenoid.ru/.../chem\\_books\\_download.php](http://www.xenoid.ru/.../chem_books_download.php)
  4. [http://www.ftchemistry.dsmu.edu.ua/ana\\_him/lek\\_14.html](http://www.ftchemistry.dsmu.edu.ua/ana_him/lek_14.html)
  5. [http://www.Ftchemistry.dsmu.edu.ua/ana\\_him/lek\\_1-16html](http://www.Ftchemistry.dsmu.edu.ua/ana_him/lek_1-16html)
  6. <http://www.edu.ru/db/portal/spe/archive.htm>
  7. [http://www.krugosvet.ru/.../Himiya\\_analiticheskaya.html](http://www.krugosvet.ru/.../Himiya_analiticheskaya.html)
  8. <http://www.edu.ru/window/library?p...>
  9. <http://www.novedu.ru>
- г) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

**8. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Помещения для проведения лекционных занятий, укомплектованные необходимым оборудованием, приборной базой, а именно: аудитории, оснащенные мультимедийными средствами для проведения аудиторных занятий (ауд. 402, 426, 423 корпус 6).



## 10. Образовательные технологии

В процессе изучения дисциплины используются как традиционные, так и инновационные технологии, активные и интерактивные методы и формы обучения: технология объяснительно-иллюстративных обсуждений с элементами проблемного изложения, технология профессионально-ориентированного обучения, лекции, семинары-коллоквиумы, разбор конкретных ситуаций, решение ситуационных задач, решение тематических химических задач.

## 11. Оценочные средства (ОС):

11.1. Оценочные средства для входного контроля - в виде тестов с открытыми вопросами.

11.2. Оценочные средства текущего контроля формируются в виде тестов, ситуационных задач, коллоквиумов.

### 11.3 Оценочные средства для промежуточной аттестации

Оценочные средства для промежуточной аттестации – зачет с оценкой.

Промежуточная аттестация (*зачет*) может проводиться в форме устного собеседования или в виде тестовых заданий с открытыми вопросами.

## Перечень примерных контрольных вопросов и заданий для зачета:

1. Понятие «органические аналитические реагенты» Основные направления развития химии ОР. Основные этапы развития.

2. Теория действия ОР. Функционально-аналитические группы (ФАГ) Аналитико-активные группы (ААГ), их типы. Структурные свойства, определяющие понятие ФАГ. Зависимость аналитических свойств ОР от строения молекулы.

3. Теория аналогий Кузнецова. Таутомерия ФАГ. Дентатность.

4. Классификации ОР. Классификация ОР по строению и природе ФАГ.

5. Классификация ОР по механизму взаимодействия и характеру образующихся соединений, применение реагентов в методах анализа:

- ОР, образующие простые соли;
- ОР, образующие циклические соединения (кислород-, серу-, азотсодержащие; макроциклические соединения, их виды, свойства, применение;
- ОР адсорбционного типа;
- ОР в окислительно-восстановительных реакциях в качестве индикаторов;
- ОР, участвующие в синтезе новых реагентов;
- ОР, участвующие в окислительно-восстановительных реакциях каталитического типа, их характеристики; ферментативные реакции; ферменты как ОР, их типы;
- ОР, используемые в качестве осадителей и соосадителей;
- ОР, используемые в ионном обмене и сорбции. Ионообменные смолы, комплексообразующие сорбенты, их типы и характеристики.

6. Способы избирательного определения элементов:

а) с использованием условий проведения определения:

- рН реакции;
- маскирования;
- свойств комплексных соединений (кинетики комплексообразования, спектров поглощения);

б) с использованием свойств ОР:

- ✓ кислотно-основных свойств ОР, введением заместителей, изменяющих кислотно-основные свойства;
  - ✓ увеличение числа ФАГ;
  - ✓ введение разнородных ФАГ; условия введения ФАГ, их типы;
- в) учет природы иона комплексообразователя.
7. Способы изменения чувствительности реакций с ОР. Использование разнолигандных комплексных соединений, их типы.
8. Корреляция и прогнозирование свойств ОР.
9. Современные тенденции использования ОР: твердофазная спектрофотометрия, сорбционно-фотометрический и сорбционно-люминесцентный методы анализа, цветометрия - цветовые характеристики как координаты цвета.

Разработчик: доцент кафедры аналитической химии химического факультета ИГУ,  
канд. хим. наук \_\_\_\_\_ Л.П. Шаулина

Программа рассмотрена на заседании кафедры аналитической химии

« 14 июня 2019 г. Протокол № 8

Зав. кафедрой, профессор \_\_\_\_\_ А.Г. Пройдаков