

**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
имени М.В.Ломоносова**

**Химический факультет**

**Кафедра коллоидной химии**

**Методические разработки  
по курсу «Коллоидная химия»**

**Москва – 2007**

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
имени М.В. ЛОМОНОСОВА

Химический факультет  
Кафедра коллоидной химии

**доцент Е.А.Амелина**

Утверждено  
учебно-методической комиссией  
кафедры коллоидной химии  
химического факультета МГУ

**МЕТОДИЧЕСКАЯ РАЗРАБОТКА  
по курсу “КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ”**

**Под редакцией доцента Л.И.Лопатиной**

Москва - 2007

## Пояснительная записка

Курс коллоидной химии знакомит студентов факультета почвоведения с основами современного учения о дисперсном состоянии вещества и поверхностных явлениях в дисперсных системах.

Курс ставит целью дать четкое представление о теоретических и экспериментальных основах этой обширной самостоятельной области химической науки и их приложении в почвоведении.

К основным вопросам, изучаемым в данном курсе, относятся: особые свойства границ раздела фаз и явления на межфазных границах; пути и условия образования дисперсных систем, их особые молекулярно-кинетические, оптические и электроповерхностные свойства; устойчивость и разрушение дисперсных систем; развитие в них пространственных структур со своеобразными реологическими свойствами; управление свойствами дисперсных систем. Универсальность дисперсного состояния определяет фундаментальную роль коллоидной химии в прогрессе химической и других естественных наук: почвоведения, геологии, биологии, медицины и др.

Задачей курса является формирование у студентов современных представлений о дисперсном состоянии вещества, свойствах межфазных поверхностей в микрогетерогенных системах и значении основных закономерностей поверхностных и коллоидно-химических явлений для раскрытия механизмов различных процессов в природных дисперсных системах. Освоение курса коллоидной химии способствует более глубокому пониманию многочисленных процессов (физических и химических), протекающих при образовании, функционировании и обработке почв, обеспечивая тем самым необходимый фундамент знаний для успешного изучения студентами почвенного факультета специальных дисциплин. В курсе отражено практическое приложение основных закономерностей коллоидной химии к различным аспектам учения о почвах, а также рационального использования и защиты окружающей среды.

Освоение студентами курса коллоидной химии в соответствии с учебным планом предусматривает проработку лекционного материала с привлечением соответствующей учебной литературы и выполнение лабораторных работ в практикуме.

Весь материал курса разделен на 3 темы:

- 1) Поверхность раздела фаз и поверхностные явления.
- 2) Образование дисперсных систем и их свойства (электроповерхностные и молекулярно-кинетические).
- 3) Устойчивость, структурообразование и структурно-механические свойства дисперсных систем.

Лабораторные работы преследуют цель усвоения и закрепления материала по соответствующим темам, а также привитие студентам необходимого минимума практических навыков в постановке и выполнении коллоидно-химических экспериментов и обработке результатов.

По каждой теме предусмотрено выполнение 2-х – 3-х лабораторных работ, проведение семинаров по материалам лекций и сдача коллоквиума (всего 3 коллоквиума). Отдельные вопросы курса, не вошедшие в материал коллоквиумов, выделены для самостоятельной работы студентов.

По завершении освоения курса коллоидной химии студенты сдают экзамен.

Объем курса: 54 часа, в том числе 18 часов лекции, 36 часов практикума, включая семинары и коллоквиумы.

### **Темы лекций**

Лекция 1. Введение: определение, основные задачи и направления коллоидной химии. Классификация дисперсных систем. Свойства поверхностей раздела фаз, связь с молекулярными взаимодействиями.

Лекция 2. Явления смачивания и капиллярности.

Лекция 3. Адсорбция из растворов и влияние адсорбционных слоев на свойства границ раздела фаз.

Лекция 4. Электроповерхностные свойства дисперсных систем.

Лекция 5. Образование дисперсных систем. Лиофобные и лиофильные дисперсные системы.

Лекция 6. Устойчивость лиофобных дисперсных систем, факторы стабилизации.

Лекция 7. Структурообразование и структурно-механические свойства дисперсных систем.

Лекция 8. Молекулярно-кинетические и оптические свойства коллоидных систем, дисперсионный анализ суспензий.

Лекция 9. Коллоидно-химические свойства ВМС и их растворов. Коллоидно-химические методы охраны окружающей среды.

## Литература

1. Амелина Е.А. Методическое пособие к курсу коллоидной химии, М.: Химфак МГУ, ч.1, 2, 32007.
2. Шукин Е.Д., Перцов А.В., Амелина Е.А. Коллоидная химия, 3-ое изд., М.: Высшая школа. 2004.
3. Фридрихсберг Д.А. Курс коллоидной химии, Л.: Химия, 1984 или 1995.
4. Воюцкий С.С. Курс коллоидной химии, 2-е изд., М.: Химия, 1975.
5. Методическая разработка к практикуму по коллоидной химии. Составитель Е.А.Амелина. М.: Изд. МГУ, Химфак, 2005.

## Дополнительная литература

1. Сумм Б.Д. Основы коллоидной химии, М.: Академия, 2006.

## Темы и содержание семинаров

### 1-й семинар:

#### **Классификация и характеристики дисперсных систем. Поверхностные явления.**

1. Определение и классификация дисперсных систем.
2. Свободная поверхностная энергия границы раздела фаз. Поверхностное и межфазное натяжение. Правило Антонова.
3. Работа (энергия) когезии и адгезии.
4. Смачивание. Краевой угол. Закон Юнга. Термодинамическое условие смачивания и растекания.
5. Избирательное смачивание. Гидрофильные и гидрофобные поверхности; характеристики гидрофильности (и гидрофобности) поверхностей.
6. Капиллярное давление. Закон Лапласа.
7. Капиллярное поднятие. Формула Жюрена.
8. Капиллярная стягивающая сила менисков.
9. Закон Томсона (Кельвина); процессы изотермической перегонки, рекристаллизации и капиллярной конденсации.

### 2-й семинар:

#### **Адсорбция из растворов и свойства адсорбционных слоев ПАВ.**

1. Определение и количественная мера адсорбции.
2. Поверхностно-активные (ПАВ) и поверхностно-инактивные вещества. Поверхностная активность.
3. Изотермы поверхностного натяжения; уравнение Шишковского. Правило Дюкло-Граубе.
4. Изотерма адсорбции; уравнение Гиббса.
5. Уравнение изотермы молекулярной адсорбции Ленгмюра.
6. Влияние адсорбционных слоев ПАВ на смачивание твердых тел.
7. Адсорбционные методы определения удельной поверхности адсорбентов.

### 3-й семинар:

#### **Электроповерхностные свойства дисперсных систем.**

1. Двойной электрический слой (ДЭС) на поверхности раздела фаз.
2. Причины образования ДЭС, его строение.
3. Ионный обмен. Лиотропные ряды.
4. Электрокинетические явления.
5. Электрокинетический ( $\zeta$ -) потенциал.
6. Уравнение Гельмгольца-Смолуховского для скорости электроосмотического (электрофоретического) переноса.
7. Строение мицелл лиофобных зольей.
8. Влияние электролитов на строение ДЭС и электрокинетические явления.
9. Изоэлектрическое состояние. Перезарядка коллоидных частиц.

### 4-й семинар:

#### **Образование дисперсных систем.**

1. Конденсационное образование дисперсных систем.
2. Критический зародыш, работа его образования.
3. Образование дисперсных систем при диспергировании.
4. Адсорбционное понижение прочности твердых тел (эффект Ребиндера). Роль этого эффекта в процессах образования и эрозии почв.
5. Самопроизвольное диспергирование макрофаз. Леофильные дисперсные системы.
6. Самопроизвольное диспергирование агрегатов (пептизация). Условие пептизации.

### 5-й семинар:

#### **Устойчивость, разрушение и стабилизация лиофобных дисперсных систем.**

1. Агрегативная и седиментационная устойчивость.
2. Процессы, приводящие к разрушению дисперсных систем.
3. Факторы агрегативной устойчивости дисперсных систем.
4. Расклинивающее давление (по Дерягину); составляющие расклинивающего давления.
5. Структурно-механический барьер (по Ребиндеру).
6. Коагуляция зольей электролитами. Правило Шульце-Гарди; критерий Эйлера-Корфа.
7. Зоны устойчивости и коагуляции. Пептизация под действием электролитов.
8. Основные положения теории ДЛФО.
9. Флокуляция дисперсий полиэлектролитами.

### 6-й семинар:

#### **Структурообразование и структурно-механические свойства дисперсных систем.**

1. Процессы, приводящие к образованию дисперсных структур.
2. Классификация дисперсных структур.

3. Природа прочности контактов между частицами в дисперсных структурах различных типов.
4. Прочность дисперсных структур.
5. Тиксотропия.
6. Реологические свойства свобододисперсных систем. Уравнение Ньютона; уравнение Эйнштейна. Аномалия вязкости.
7. Реологические свойства структурированных дисперсных систем. Полная реологическая кривая. Уравнение Бингама.

## **Методические указания к коллоквиумам и семинарам**

### **Тема I. Свойства поверхности раздела фаз и поверхностные явления**

Определение и классификация дисперсных систем.

Причины возникновения избыточной свободной энергии на поверхности раздела фаз. Поверхностное натяжение как характеристика избытка свободной энергии в поверхностном слое. Поверхностная энергия и энергия взаимодействия молекул (атомов, ионов) в конденсированной фазе. Энергия (работа) когезии как характеристика молекулярных взаимодействий в объеме конденсированной фазы. Связь работы когезии и поверхностного натяжения. Полярные и неполярные фазы.

Поверхность раздела между конденсированными фазами. Работа адгезии, как характеристика взаимодействия между молекулами граничащих фаз. Межфазное натяжение, как характеристика разности полярностей граничащих фаз.

Понятие о смачивании и несмачивании твердых тел. Краевой угол, как характеристика смачивания. Смачивание водой и углеводородами полярных и неполярных поверхностей. Термодинамические условия смачивания, растекания и несмачивания: сопоставление работ адгезии и когезии. Работа растекания.

Избирательное смачивание. Количественные характеристики гидрофильности и гидрофобности поверхностей. Влияние химического состава почв на их смачиваемость водой.

Капиллярные явления: капиллярное давление, капиллярное поднятие, стягивание частиц менисками. Зависимость подъема жидкостей в капиллярах и стягивающей силы менисков от поверхностного натяжения жидкости, радиуса капилляра, краевого угла смачивания, размера частиц. Роль капиллярных явлений в почвенных системах.

Зависимость давления насыщенного пара и растворимости от кривизны поверхности (размеров частиц дисперсной фазы). Закон Томсона (Кельвина) как основа описания самопроизвольных процессов изотермической перегонки, собирательной рекристаллизации, капиллярной конденсации.

Адсорбция как самопроизвольное сгущение на поверхности раздела фаз массы компонентов. Величина адсорбции, ее размерность. Адсорбционное

уравнение Гиббса. Положительная и отрицательная адсорбция.

Поверхностно-активные и поверхностно-инактивные вещества. Зависимость поверхностного натяжения от концентрации этих веществ. Предельные значения поверхностного и межфазного натяжения, достигаемые при введении веществ с дифильным строением молекул в водную и углеводородную фазу. Вода как поверхностно-активное вещество.

Представление о расположении молекул ПАВ в разреженных и плотных адсорбционных слоях. Правило уравнивания полярностей. Ориентация молекул ПАВ при их химической адсорбции из водной среды на твердых гидрофильных поверхностях.

Управление смачиванием твердых тел с помощью ПАВ. Гидрофилизация и гидрофобизация поверхностей; роль хемосорбции ПАВ. Изотермы смачивания.

Коллоидно-химические основы флотации.

Значение адсорбции для функционирования и агротехнических свойств почв; очистка воды от вредных примесей.

### Материалы для подготовки

1. Лекции 1, 2 и 3.
2. Амелина Е.А. Методическое пособие к курсу коллоидной химии, М.: Химфак МГУ, 2007, ч.1.
3. Щукин Е.Д., Перцов А.В., Амелина Е.А. Коллоидная химия, 2004, введение, гл. I, II, III (§§1, 2).
4. Фридрихсберг Д.А. Курс коллоидной химии гл. I, V, VII, XI (§ 1 и 2).
5. Воюцкий С.С. Курс коллоидной химии гл. I, IV - VI.

## **Тема II. Образование дисперсных систем. Электроповерхностные свойства.**

Образование свобододисперсных систем при диспергировании и дезагрегации. Лиофильные, лиофобные и псевдолиофильные дисперсные системы. Затраты энергии при диспергировании; сопоставление с поверхностной энергией. Использование эффекта Ребиндера для повышения эффективности диспергирования; роль этого эффекта в процессах почвообразования и эрозии почв.

Лиофильные коллоидные системы – термодинамически стабильные ультрамикрорегетерогенные дисперсные системы, образующиеся при самопроизвольном диспергировании объемных фаз. Критерий самопроизвольного диспергирования. Мыла, как вещества, способные образовывать лиофильные коллоидные системы. Мицеллообразование в растворах мыл.

Псевдолиофильные дисперсные системы, как системы образующиеся при самопроизвольном диспергировании агрегатов (пептизации). Термодинамические условия пептизации. Дисперсии монтмориллонитовых глин, как системы промежуточные между лиофобными и истинно



лиофильными.

Образование лиофобных дисперсных систем при конденсации. Основы теории гомогенного образования зародышей новой фазы при фазовых переходах. Критический зародыш; зависимость его размера и работы образования от величины пересыщения в системе.

Гетерогенное образование зародышей новой фазы; влияние смачивания и шероховатости подложки на зародышеобразование. Процессы конденсации в почвообразовании.

Причины возникновения двойного электрического слоя (ДЭС) на поверхности твердых тел. Качественные представления о строении ДЭС. Модель ДЭС по Гельмгольцу. Диффузная часть ДЭС по Гуи-Чепмену. Влияние потенциальной (электростатической) и кинетической (тепловой) энергии на распределение противоионов в диффузной части ДЭС. Модель Штерна.

Влияние индифферентных и неиндифферентных электролитов на строение ДЭС и падение потенциала в ДЭС.

Обменная адсорбция. Закономерности ионного обмена между ДЭС и раствором при введении электролитов. Роль специфической адсорбции; лиотропные ряды.

Ионный обмен в природных дисперсных системах; его значение для функционирования и регулирования агрохимических свойств почв.

Электрокинетические явления: электрофорез, электроосмос, потенциалы седиментации и протекания. Уравнение Гельмгольца-Смолуховского для описания скорости относительного смещения фаз. Граница скольжения. Электрокинетический ( $\zeta$ -) потенциал. Перезарядка поверхности коллоидных частиц. Изоэлектрическое состояние. Поверхностная проводимость. Практическое использование электрокинетических явлений.

#### Материалы для подготовки

1. Лекции 4 и 5 и/или по учебникам:
2. Амелина Е.А. Методическое пособие к курсу коллоидной химии, М.: Химфак МГУ, 2007, ч.2.
3. Щукин Е.Д., Перцов А.В., Амелина Е.А. Коллоидная химия, 2004, гл. IV (§ 2 - 6); гл. VI.
4. Фридрихсберг Д.А. Курс коллоидной химии гл. II, XI (§ 3), XII, XVII.
5. Воюцкий С.С. Курс коллоидной химии гл. VII, VIII, XII (§ 2, 4, 5).

### **Тема III. Устойчивость, структурообразование и структурно-механические свойства дисперсных систем**

Агрегативная и седиментационная устойчивость дисперсных систем. Нарушение агрегативной устойчивости вследствие протекания самопроизвольных процессов коагуляции, коалесценции, рекристаллизации; изменение при этом свободной поверхностной энергии. Пептизация как процесс обратный коагуляции.

Роль тонких пленок в устойчивости дисперсных систем. Расклинивающее давление в тонких пленках (по Дерягину).

Молекулярные взаимодействия в дисперсных системах; молекулярная составляющая расклинивающего давления. Энергия и сила притяжения двух сферических частиц.

Факторы стабилизации дисперсных систем. Электростатическая составляющая расклинивающего давления как результат отталкивания диффузных слоев противоионов ДЭС; влияние электролитов на силу и энергию отталкивания.

Структурная составляющая расклинивающего давления как следствие образования на гидрофильных поверхностях структурированных слоев молекул воды.

Структурно-механический барьер (по Ребиндеру) как сильный фактор стабилизации дисперсных систем. Защитные коллоиды. Роль механических свойств адсорбционных слоев и лиофилизации поверхности в обеспечении устойчивости относительно коагуляции и коалесценции.

Коагуляция лиофобных золь электролитами. Зависимость скорости коагуляции от концентрации электролита; порог коагуляции. Правило Шульце-Гарди. Зоны коагуляции при введении электролита, вызывающего перезарядку частиц золя.

Пептизация коагулятов под действием электролитов. Связь устойчивости и коагуляции с электрокинетическим потенциалом. Критерий Эйлера-Корфа.

Основы теории ДЛФО. Сопоставление энергии молекулярного притяжения частиц и энергии отталкивания диффузных слоев противоионов ДЭС на поверхности частиц. Зависимость энергии взаимодействия частиц от расстояния между ними. Потенциальный барьер, вторичный (дальний) и первичный (ближний) минимум; влияние электролитов на высоту и положение потенциального барьера.

Флокуляция дисперсных систем полиэлектролитами. Роль коагуляции и флокуляции в процессах почвообразования, регулирования агротехнических свойств почв и очистки воды от загрязнений.

Структурообразование в дисперсных системах. Классификация дисперсных структур по типу контактов. Природа сил сцепления в коагуляционных и фазовых контактах. Параметры, определяющие прочность дисперсных структур: число контактов в сечении (зависящее от дисперсности и упаковки частиц) и средняя прочность индивидуального контакта.

Процессы, приводящие к образованию фазовых контактов (спекание, прессование, срастание при выделении новой фазы из пересыщенной среды). Конденсационно-кристаллизационные структуры; их образование на примере твердения полуводного гипса. Роль пересыщения в дисперсионной среде.

Явление тиксотропии; тиксотропные свойства коагуляционных структур. Роль тиксотропии в природе и технике.

Коагуляционные и конденсационные структуры в почвенных системах.

Основы реологии. Основные реологические законы, описывающие

упругое, вязкое и пластичное поведение идеализированных тел.

Реологические свойства свободнодисперсных систем с изометричными и анизометричными частицами. Аномалия вязкости.

Реологические свойства структурированных дисперсных систем. Полная реологическая кривая связнодисперсной системы с коагуляционной структурой.

Коллоидно-химические основы управления свойствами почвенных дисперсных структур.

#### Материалы для подготовки

1. Лекции 6, 7 и/или по учебникам:
2. Амелина Е.А. Методическое пособие к курсу коллоидной химии, М.: Химфак МГУ, 2007, ч.3.
3. Щукин Е.Д., Перцов А.В., Амелина Е.А. Коллоидная химия, 2004, гл. VII (§ 1 - 6); гл. VIII (§5), гл. IX (§1 - 3).
4. Фридрихсберг Д.А. Курс коллоидной химии гл. XIII (§ 1, 2, 4, 6, 7, 9), гл. XIV.
5. Воюцкий С.С. Курс коллоидной химии гл. IX, X.

#### **Вопросы курса для самостоятельной работы студентов**

1. Молекулярно-кинетические свойства дисперсных систем. Броуновское движение и диффузия в коллоидных системах; уравнение Эйнштейна; закон Фика.
2. Седиментация в дисперсных системах. Методы седиментационного анализа суспензий (и эмульсий). Кривые накопления осадка. Уравнение Сведберга-Одена. Построение интегральной и дифференциальной кривых распределения массы частиц по размерам.
3. Седиментационно-диффузионное равновесие Перрена-Больцмана. Применение центрифуг и ультрацентрифуг для дисперсионного анализа высокодисперсных систем.
4. Коллоидно-химические основы охраны окружающей среды.

#### Материалы для подготовки

1. Лекция 8, 9.
2. Методическая разработка к практикуму по коллоидной химии. Составитель Е.А.Амелина. М.: Изд. МГУ, Химфак, 2005, задача №5.
3. Щукин Е.Д., Перцов А.В., Амелина Е.А. Коллоидная химия, 2004, гл. V (§1, 2, 5).
4. Фридрихсберг Д.А. Курс коллоидной химии, гл. III, гл. XVIII.
5. Воюцкий С.С. Курс коллоидной химии, гл. III.

## **Перечень лабораторных работ**

### Тема I. Поверхностные явления

1. Адсорбция из растворов и определение удельной поверхности адсорбентов.
2. Влияние адсорбционных слоев на смачивание твердых поверхностей.

### Тема II. Образование дисперсных систем и их свойства (электроповерхностные и молекулярно-кинетические).

1. Получение золь, определение знака заряда их частиц и электрокинетического потенциала методом электрофореза.
2. Седиментационный анализ суспензий.

### Тема III. Устойчивость, структурообразование и структурно-механические свойства дисперсных систем

1. Исследование влияния электролитов на процесс нестационарной фильтрации глинистых суспензий.
2. Изучение агрегативной устойчивости суспензий.
3. Вискозиметрия дисперсных систем и растворов высокомолекулярных соединений.

### Литература

Методическая разработка к практикуму по коллоидной химии. Составитель Е.А. Амелина. 2005 г.

## Вопросы к экзамену по коллоидной химии

1. Определение и основные задачи коллоидной химии; ее значение для почвоведения и других отраслей науки и техники.
2. Классификация дисперсных систем.
3. Поверхность раздела фаз, ее силовое поле. Удельная свободная энергия поверхности (поверхностное натяжение); энергия когезии и энергия адгезии.
4. Смачивание. Краевой угол. Термодинамические условия смачивания, растекания и несмачивания.
5. Избирательное смачивание. Гидрофильные и гидрофобные поверхности; характеристики гидрофильности и гидрофобности.
6. Капиллярное давление. Закон Лапласа.
7. Капиллярное поднятие. Стягивание частиц менисками. Капиллярные явления в почвах.
8. Закон Томсона (Кельвина). Самопроизвольные процессы капиллярной конденсации, изотермической перегонки, собирательной рекристаллизации.
9. Адсорбция из растворов. Уравнение Гиббса.
10. Поверхностно-активные и поверхностно-инактивные вещества. Поверхностная активность.
11. Изотермы поверхностного натяжения; уравнение Шишковского. Правило Дюкло-Траубе.
12. Уравнение изотермы молекулярной адсорбции Ленгмюра. Строение адсорбционных слоев ПАВ.
13. Адсорбционные методы определения удельной поверхности адсорбентов.
14. Эффект Ребиндера – адсорбционное понижение прочности твердых тел; роль этого эффекта в процессах почвообразования и эрозии почв.
15. Роль поверхностных явлений в почвах.
16. Адсорбция ионов на твердых поверхностях. Двойной электрический слой (ДЭС); влияние электролитов на его строение.
17. Обменная адсорбция. Ионный обмен в почвах; его влияние на свойства почв.
18. Образование лиофобных дисперсных систем при диспергировании; процессы диспергирования в природе и технике.
19. Конденсационное образование дисперсных систем; процессы конденсации новых фаз в почвообразовании.
20. Образование лиофильных дисперсных систем при самопроизвольном диспергировании макрофаз. Критерий Ребиндера-Щукина.
21. Мицеллообразование в растворах мыл. Солюбилизация.
22. Диффузия в коллоидных системах; уравнение Эйнштейна.
23. Седиментация в дисперсных системах. Седиментационно-диффузионное равновесие Перрена-Больцмана.
24. Седиментационный анализ дисперсных систем.
25. Агрегативная и седиментационная устойчивость лиофобных дисперсных систем. Самопроизвольные процессы, приводящие к разрушению лиофобных

дисперсных систем.

26. Факторы устойчивости лиофобных дисперсных систем.

27. Расклинивающее давление в тонких пленках; молекулярная, электростатическая и структурная составляющие расклинивающего давления.

28. Структурно-механический барьер (по Ребиндеру) как сильный фактор стабилизации лиофобных дисперсных систем.

29. Коагуляция зольей электролитами; порог коагуляции. Правило Шульце-Гарди.

30. Пептизация; термодинамическое условие пептизации. Пептизация под действием электролитов.

31. Зоны устойчивости зольей при перезарядке коллоидных частиц.

32. Элементы современной теории коагуляции зольей электролитами (теории ДЛФО).

33. Роль коагуляции в процессах почвообразования и регулирования агрофизических свойств почв.

34. Структурообразование в дисперсных системах. Прочность дисперсных структур.

35. Коагуляционные дисперсные структуры. Природа сил сцепления в контактах между частицами.

36. Тиксотропия; ее роль в природных и технологических процессах.

37. Конденсационно-кристаллизационные дисперсные структуры. Природа сил сцепления в контактах.

38. Коагуляционные и конденсационно-кристаллизационные структуры в почвенных системах.

39. Реологические свойства свободнодисперсных систем.

40. Реологические свойства связнодисперсных систем.

41. Коллоидно-химические основы управления структурой и реологическими свойствами дисперсных материалов и почв; использование для этого поверхностных явлений.

42. Полиэлектролиты; флокуляция под действием полиэлектролитов; их использование для регулирования свойств почв.

## Содержание

	стр.
1. Пояснительная записка	2
2. Темы лекций	3
3. Темы и содержание семинаров	4
4. Методические указания к коллоквиумам и семинарам	6
5. Вопросы курса для самостоятельной работы студентов	10
6. Перечень лабораторных работ	11
7. Вопросы к экзамену по коллоидной химии	12