

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»  
Химический факультет

УТВЕРЖДАЮ

Декан химического факультета,  
Акад. РАН, профессор



/В.В. Лунин/

«27» февраля 2017 г.

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

### **Избранные главы химии окружающей среды**

**Уровень высшего образования:**  
Специалитет

---

**Направление подготовки (специальность):**  
04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия

**Направленность (профиль) ОПОП:**  
Физическая химия

**Форма обучения:**  
очная

---

Рабочая программа рассмотрена и одобрена  
Учебно-методической комиссией факультета  
(протокол №1 от 27.01.2017)

Москва 2017

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки / специальности 04.05.01 «Фундаментальная и прикладная химия» (программа специалитета), утвержденного приказом МГУ от 22 июля 2011 года № 729 (в редакции приказов МГУ от 22 ноября 2011 года № 1066, от 21 декабря 2011 года № 1228, от 30 декабря 2011 года № 1289, от 27 апреля 2012 года № 303, от 30 декабря 2016 года № 1671).

Год (годы) приема на обучение

2014/2015, 2015/2016, 2016/2017, 2017/2018, 2018/2019

---

1. Наименование дисциплины (модуля) **Избранные главы химии окружающей среды**
2. Уровень высшего образования – **специалитет.**
3. Направление подготовки: **04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия.**
4. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП: вариативная часть ООП, блок ПД.
5. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Компетенция	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)
<p><b>ОПК-1.С.</b> Способность решать современные проблемы фундаментальной и прикладной химии, используя методологию научного подхода и систему фундаментальных химических понятий и законов</p>	<p><b>Уметь</b> анализировать научную литературу с целью выбора направления и методов, применяемых в исследовании по теме выпускной квалификационной работы,  <b>Уметь:</b> самостоятельно составлять план исследования  <b>Владеть</b> навыками поиска, критического анализа, обобщения и систематизации научной информации, постановки целей исследования и выбора оптимальных путей и методов их достижения</p>
<p><b>СПК-1.С.</b> Способность использовать теоретические основы современных физико-химических методов исследования и анализа систем различной природы при решении практических задач</p>	<p><b>Знать:</b> основные законы и закономерности, определяющие направление и результат протекания процессов в гомогенных и гетерогенных системах, способы аналитического представления этих закономерностей  <b>Знать:</b> особенности и ограничения применения физико-химических методов исследования объектов химии окружающей среды (области атмосферы, природные воды и пр.)  <b>Уметь:</b> применять теоретические знания из различных областей химической науки при решении учебных и научных задач химии окружающей среды  <b>Владеть:</b> навыками применения теоретических основ традиционных и новых разделов химии при решении учебных и научных задач химии окружающей среды</p>
<p><b>СПК-2.С.</b> Способность проводить экспериментальные исследования в избранной области физической химии (кинетика и катализ, химическая термодинамика, молекулярная спектроскопия, химия поверхности)</p>	<p><b>Уметь:</b> грамотно спланировать физико-химический эксперимент  <b>Владеть:</b> навыками проведения экспериментальных исследований в области физической химии</p>
<p><b>СПК-3.С.</b> Способность использовать серийные и оригинальные установки</p>	<p><b>Владеть:</b> навыками работы на современном научном оборудовании для определения физико-химических свойств веществ</p>

(приборы, комплексы) для определения физико-химических свойств веществ	
<b>СПК-4.С.</b> Способность использовать физические и математические модели с учетом их возможностей и ограничений при обработке и интерпретации экспериментальных данных в избранной области физической химии	<p><b>Знать:</b> способы математической обработки результатов кинетических исследований, в том числе в области химии окружающей среды</p> <p><b>Уметь:</b> обрабатывать экспериментальные результаты исследований в области химии окружающей среды</p> <p><b>Уметь:</b> выбирать модель и оценивать ошибку при расчетах с использованием различных математических моделей</p> <p><b>Владеть:</b> математическим аппаратом, необходимым для проведения расчетов кинетических параметров и обработки результатов физико-химических исследований</p>
<b>СПК-5.С.</b> Способность проводить квантовохимические, термодинамические и кинетические расчеты с использованием современных программных комплексов и баз данных	<p><b>Знать:</b> современные программные комплексы и базы данных по химической кинетике</p> <p><b>Уметь:</b> квалифицированно выбирать математическую модель для описания химических процессов в окружающей среде</p> <p><b>Владеть:</b> математическим аппаратом анализа экспериментальных данных, полученных с использованием различных методов кинетического исследования, методикой оценки кинетических параметров химических реакций в окружающей среде</p>

6. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся:

*Объем дисциплины (модуля) составляет 2 зачетных единицы, всего 72 часа, из которых 40 часов составляет контактная работа студента с преподавателем (18 часов занятия лекционного типа, 18 часа – занятия семинарского типа, 2 часа – групповые консультации, 2 часа – промежуточный контроль успеваемости), 32 часа составляет самостоятельная работа студента.*

7. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия.

Обучающийся должен

**Знать:** основные законы в области неорганической, аналитической и физической химии; основные свойства химических элементов и их соединений, закономерности установления химических равновесий и протекания процессов в гомогенных и гетерогенных системах;

**Уметь:** формулировать и решать конкретные задачи на основе усвоенных законов и закономерностей; получать экспериментальные данные, проводить их математическую обработку, обобщать полученные результаты; применять законы химической кинетики для основных типов химических реакций

**Владеть:** основами теории фундаментальных разделов химии (прежде всего неорганической и физической), основными химическими теориями, концепциями, законами, описывающими физико-химические явления, расчетными методами решения химических задач, навыками работы с информационными базами данных.

8. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам.

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе								
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них						Самостоятельная работа обучающегося, часы из них		
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Групповые консультации	Индивидуальные консультации	Учебные занятия, направленные на проведение текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации	Всего	Выполнение домашних заданий	Подготовка рефератов и т.п.	Всего
Тема 1. Озон. Методы получения. Химические и физические свойства. Применение.	8	4					4	4		4
Тема 2. Химия стратосферы и тропосферы. Озоновые дыры. Загрязнение тропосферы.	20	4	6				10	8		8

Тема 3. Углекислый газ. Глобальное потепление. Глобальный круговорот углерода. Взаимодействие атмосферы и океана.	8	2	2				4	4		4
Тема 4. Загрязнение окружающей среды. Опасные загрязнители. Кислотные дожди.	8	4					4	4		4
Тема 5. Озон в водном растворе. Растворимость. Химические реакции. Применение в водоподготовке и водоочистке.	12	4	2				6	6		6
Тема 6. Макрокинетика гетерогенных химических реакций. Газо-жидкостные реакции. Реакции газ – твердое тело. Реакции на атмосферном аэрозоле.	14		8	2			10	6		6
Промежуточная аттестация <i>зачет</i>	2					2	2			
<b>Итого</b>	<b>72</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>2</b>		<b>2</b>	<b>40</b>	<b>32</b>		<b>32</b>

#### 9. Образовательные технологии:

- применение компьютерных симуляторов, обработка данных на компьютерах, использование компьютерных программ, управляющих приборами;
- использование средств дистанционного сопровождения учебного процесса;
- преподавание дисциплин в форме авторских курсов по программам, составленным на основе результатов исследований научных школ МГУ.

#### 10. Учебно-методические материалы для самостоятельной работы по дисциплине (модулю):

Программа курса, план занятий и перечень заданий для самостоятельной работы. По теме каждой лекции указывается материал в источниках из списков основной и вспомогательной литературы, а также из интернет-ресурсов.

#### 11. Ресурсное обеспечение:

- Перечень основной и вспомогательной учебной литературы ко всему курсу

#### **Основная литература**

1. Лунин В.В., Попович М.П., Ткаченко С.Н., *Физическая химия озона*. М.: Изд-во МГУ, 1998.
2. Леванов А.В., *Макрокинетические задачи в общем курсе физической химии*. М.: Отдел оперативной печати и информации Химического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, 2016.

#### **Дополнительная литература**

1. Исидоров В.А., *Экологическая химия*. СПб.: Химиздат, 2001. 304 с
2. Кондратьев К.Я., Крапивин В.Ф., *Моделирование глобального круговорота углерода*. М.: Физматлит, 2004.
3. Jacob D., *Introduction to atmospheric chemistry*. Princeton University Press, 1999.
4. Seinfeld J.H., Pandis S.N., *Atmospheric chemistry and physics: from air pollution to climate change*. John Wiley & Sons, 2006.
5. Baird C., Cann M., *Environmental Chemistry, 5th Ed*. New York: W. H. Freeman & Co, 2012.
6. Von Sonntag C., Von Gunten U., *Chemistry of Ozone in Water and Wastewater Treatment. From Basic Principles to Applications*. London: IWA Publishing, 2012.

#### 12. Язык преподавания – русский

#### 13. Преподаватели:

1. доцент, к.х.н., Леванов Александр Владимирович, кафедра физической химии химического факультета МГУ, [levanov@kge.msu.ru](mailto:levanov@kge.msu.ru)
2. с.н.с., к.х.н. Исайкина Оксана Яковлевна, кафедра физической химии химического факультета МГУ, [hardi1@yandex.ru](mailto:hardi1@yandex.ru)

**Фонды оценочных средств, необходимые для оценки результатов обучения**

Образцы оценочных средств для текущего контроля усвоения материала и промежуточной аттестации - зачета. На зачете проверяется достижение промежуточных индикаторов компетенций, перечисленных в п.5.

**Вопросы для зачета:**

1. Методы синтеза озона в лаборатории и промышленности.
2. Спектр поглощения озона. Роль озона в окружающей среде.
3. Методы аналитического определения озона (спектроскопия, химический метод и др.)
4. Токсичность озона.
5. Газо-жидкостные реакции в барботажном реакторе. Феноменологическое описание процессов растворения и химического взаимодействия. Коэффициент массопереноса озона из газовой в жидкую фазы.
6. Пленочная модель макрокинетики газо-жидкостных реакций. Постановка задачи о распределении концентраций и химических реакциях озона в пленке. Критерии подобия.
7. Пленочная модель макрокинетики газо-жидкостных реакций. Реакция псевдо-первого порядка. Определение кинетических параметров.
8. Гетерогенные химические реакции озона (реакции газ – твердое тело). Макрокинетические режимы и кинетические параметры. Сложение кинетических сопротивлений. Разложение озона на катализаторах.
9. Взаимодействие озона и других активных малых газовых составляющих атмосферы с атмосферным аэрозолем. Макрокинетические режимы и кинетические параметры реакций. Коэффициент гетерогенной гибели активных частиц на поверхностях.
10. Солнечная радиация, её взаимодействие с земной атмосферой. Температура земной поверхности и парниковый эффект.
11. Формально-кинетическое описание фотохимических реакций. Предельные случаи высокой и низкой концентрации поглощающего вещества. Коэффициент скорости фотохимической реакции.
12. Механизм Чепмена образования и разложения озона.
13. Растворимость озона в воде и водных растворах электролитов, закон Генри, уравнение Сеченова.
14. Кинетика и механизм разложения озона в водном растворе.
15. Химические реакции озона с неорганическими и органическими веществами в водном растворе, их кинетика и механизм.
16. Применение озона в водоподготовке и водоочистке. Высокоэффективные окислительные процессы. Проблема побочных продуктов озонирования.
17. Озонирование морской воды, международная конвенция о дезинфекции судовых балластных вод. Роль озона в регенерации загрязненных вод.



18. Атмосфера, её строение и свойства. Единицы определения концентрации вещества в атмосфере. Барометрическая формула. Состав атмосферы, основные компоненты, малые газовые составляющие, атмосферный аэрозоль.
19. Модульные модели атмосферы (box models) и их параметры. Процессы, контролирующие концентрацию вещества в атмосфере. Источники атмосферного вещества, резервуары, время пребывания и стоки примесей в атмосфере. Обмен вещества между различными резервуарами атмосферы.
20. Стратосферная химия. Защитная функция озона. Изменение атмосферной концентрации озона, влияние различных факторов. Озоновая дыра, причины её образования, антропогенные и неантропогенные факторы.
21. Каталитические циклы разрушения озона. Стратосферный аэрозоль, полярные озоновые дыры. Международные соглашения о сокращении выбросов озоноразрушающих веществ.
22. Окислительные процессы в тропосфере. OH и NO<sub>2</sub> радикалы в атмосфере, их химические превращения. Источники и стоки радикалов OH и NO<sub>2</sub> в различное время суток.
23. Образование и реакции озона в тропосфере. Соединения углерода в атмосфере. Метан и другие углеводороды в атмосфере, их естественные и антропогенные источники и стоки. Окись углерода, источники CO в атмосфере.
24. Химия загрязненной тропосферы, влияние выбросов углеводородов и оксидов азота. Антропогенное влияние на озон и радикал OH.
25. Углекислый газ в окружающей среде, глобальный цикл углерода. Причины и следствия возрастания концентрации углекислого газа в атмосфере.
26. Взаимодействие атмосферы и океана. Представление о химии морской воды. Главные ионы, соленость. Углекислый газ и карбонаты в морской воде. Щелочность морской воды, pH, и буферные свойства морской воды.
27. Загрязнение окружающей среды. Опасные загрязнители, проблема уменьшения их выброса в окружающую среду. Стойкие органические загрязнители. Токсичные металлы. Влияние загрязнений на здоровье человека.
28. Источники серы в атмосфере. Образование оксидов серы и азота в атмосфере, роль молний, роль океанов в поступлении серосодержащих веществ. Глобальный цикл серы. Окисление в атмосфере серосодержащих веществ. Образование из оксидов кислот и кислотные осадки. Меры борьбы с кислотными дождями.
29. Химия облаков. Жидкофазные реакции, химические процессы внутри капель. Растворение газов в каплях, окисление оксидов серы и азота в жидких растворах. Состав атмосферных осадков.

### **Методические материалы для проведения процедур оценивания результатов обучения**

Шкала оценивания знаний, умений и навыков является единой для всех дисциплин (приведена в таблице ниже)

<b>ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)</b>				
Оценка	2	3	4	5
Результат				
Знания	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Сформированные систематические знания
Умения	Отсутствие умений	В целом успешное, но не систематическое умение	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности не принципиального характера)	Успешное и систематическое умение
Навыки (владения)	Отсутствие навыков	Наличие отдельных навыков	В целом, сформированные навыки, но не в активной форме	Сформированные навыки, применяемые при решении задач

<b>РЕЗУЛЬТАТ ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)</b>	<b>ФОРМА ОЦЕНИВАНИЯ</b>
<p><b>Знать:</b> основные законы и закономерности, определяющие направление и результат протекания процессов в гомогенных и гетерогенных системах, способы аналитического представления этих закономерностей</p> <p><b>Знать:</b> особенности и ограничения применения физико-химических методов исследования объектов химии окружающей среды (области атмосферы, природные воды и пр.)</p> <p><b>Знать:</b> способы математической обработки результатов кинетических исследований, в том числе в области химии окружающей среды</p> <p><b>Знать:</b> современные программные комплексы и базы данных по химической кинетике</p>	<p>мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на зачете</p>
<p><b>Уметь:</b> анализировать научную литературу с целью выбора направления и методов, применяемых в исследовании по теме выпускной квалификационной работы,</p> <p><b>Уметь:</b> самостоятельно составлять план исследования</p> <p><b>Уметь:</b> применять теоретические знания из различных областей химической науки при решении учебных и научных задач химии окружающей среды</p> <p><b>Уметь:</b> грамотно спланировать физико-химический эксперимент</p> <p><b>Уметь:</b> обрабатывать экспериментальные результаты исследований в области химии окружающей среды</p> <p><b>Уметь:</b> выбирать модель и оценивать ошибку при расчетах с использованием различных</p>	<p>мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на зачете</p>

<p>математических моделей  <b>Уметь:</b> квалифицированно выбирать математическую модель для описания химических процессов в окружающей среде</p>	
<p><b>Владеть:</b> навыками поиска, критического анализа, обобщения и систематизации научной информации, постановки целей исследования и выбора оптимальных путей и методов их достижения  <b>Владеть:</b> навыками применения теоретических основ традиционных и новых разделов химии при решении учебных и научных задач химии окружающей среды  <b>Владеть:</b> навыками проведения экспериментальных исследований в области физической химии  <b>Владеть:</b> навыками работы на современном научном оборудовании для определения физико-химических свойств веществ  <b>Владеть:</b> математическим аппаратом, необходимым для проведения расчетов кинетических параметров и обработки результатов физико-химических исследований  <b>Владеть:</b> математическим аппаратом анализа экспериментальных данных, полученных с использованием различных методов кинетического исследования, методикой оценки кинетических параметров химических реакций в окружающей среде</p>	<p>мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на зачете</p>