

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого»
Институт сельского хозяйства и природных ресурсов

Кафедра фундаментальной и прикладной химии



ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Учебный модуль по специальности
04.05.01 – Фундаментальная и прикладная химия
Рабочая программа

Согласованно:

Начальник УМО ИСХПР

Л.Б. Даниленко
"20" февраля 2017 г.

Принята на заседании кафедры ФПХ

Зав. кафедрой ФПХ

И.В. Зыкова
" " " 2017 г.

протокол № 6 от
21.02.2017.

Разработали:

Доцент кафедры ФПХ

И.В. Летенкова
"17" февраля 2017 г.

Ст. преподаватель кафедры ФПХ

Г.Н. Олисолва
"17" 02 2017 г.

Великий Новгород
2017

1 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ УЧЕБНОГО МОДУЛЯ

Цели учебного модуля:

1. Формирование базовых понятий экологической химии
2. Формирование у студентов знаний об основных природных и антропогенных источниках загрязнений окружающей среды (ОС);
3. Формирование системы знаний о важнейших стоках этих загрязнений, в первую очередь, об их химических превращениях в ОС;
4. Формирование у студентов знаний о влиянии загрязнений на экологическое равновесие, об экологических проблемах, которые они вызывают.

Задачи учебного модуля:

1. Изучение физико-химических процессов с участием загрязняющих веществ (ЗВ) в атмосфере;
2. Изучение физико-химических процессов с участием ЗВ в гидросфере;
3. Изучение физико-химических процессов с участием ЗВ в почве.

2 МЕСТО УЧЕБНОГО МОДУЛЯ В СТРУКТУРЕ ОП НАПРАВЛЕНИЯ ПОДГОТОВКИ

Учебный модуль «Экологическая химия» входит в вариативную часть математического и естественнонаучного цикла дисциплин учебного плана подготовки химика по специальности 04.05.01 – «Фундаментальная и прикладная химия».

Изучение дисциплины базируется на знаниях, полученных при изучении неорганической химии, аналитической химии, физической химии, органической и биологической химии.

В процессе изучения курса «Экологическая химия» студенты готовятся к изучению таких профессиональных дисциплин, как: коллоидная химия, современная химия и химическая безопасность, техногенные системы и экологический риск.

3 ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОГО МОДУЛЯ

Процесс изучения УМ направлен на формирование компетенции **ПК-9:**

– *владеет базовыми понятиями экологической химии, методами безопасного обращения с химическими материалами с учетом их физических и химических свойств, способностью проводить оценку возможных рисков.*

В результате освоения УМ на повышенном уровне студент должен знать, уметь и владеть:

Код компетенции	Уровень освоения компетенции	Знать	Уметь	Владеть
ПК-9	Базовый	– состав и строение атмосферы; – приоритетные ЗВ атмосферы, – источники и стоки оксидов азота в тропосфере; – механизм образования фотохимического смога и его свойства; – превращения соединений серы в тропосфере; – источники поступления и стоки монооксида углерода и метана; – процессы образования и разрушения озона в стратосфере; – номенклатуру, особенности и химический состав тропосферного аэрозоля; – основные процессы формирования состава природных вод; – состав карбонатной системы и ее распределительная диаграмма; – щелочность природных вод; – окислительно-восстановительное равновесие в природных водах; – процессы самоочищения природных вод: физические, физико-химические, химические, микробиологические; – приоритетные загрязнители гидросферы и их превращения в водной среде;	– применять кинетические уравнения реакций первого и второго порядков для описания химических превращений ЗВ в атмосфере; – применять уравнение Аррениуса для вычисления константы скорости реакций, протекающих в атмосфере; – применять метод стационарных концентраций к сложным реакциям; – выполнять термодинамические расчеты для сравнения агрессивности природных вод и устойчивости ЗВ; – применять уравнение Генри к равновесию жидкость – газ; – пользоваться распределительной диаграммой карбонатной системы для определения содержания ее компонентов в природных водах; – использовать уравнение изотермы химической реакции применительно к электрохимическим системам в природных водах; – вычислять кинетические характеристики процессов испарения, гидролиза, микробиологического окисления; – вычислять ЕКО почвы; – прогнозировать поведение ЗВ в почве;	– терминологией модуля; – навыками работы с химической посудой; – навыками определения физических показателей качества воды; – навыками определения химических показателей качества воды; – навыками определения ЕКО почвы; – навыками определения обменной и гидролитической кислотности почвы.

Код компетенции	Уровень освоения компетенции	Знать	Уметь	Владеть
ПК-9	Базовый	– элементный, фазовый и механический состав почв; – органические вещества почвы: неспецифические и специфические (гумусовые) соединения; – виды поглотительной способности почв; – виды кислотности почв; – основные источники и стоки загрязняющих веществ в почве; – процессы самоочищения почв.	– сопоставлять уровень загрязнения и допустимую нагрузку на природные объекты по химическим загрязнениям.	

4 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МОДУЛЯ

4.1 Трудоемкость учебного модуля

Учебная работа (УР)	Всего	Распределение по семестрам	Коды формируемых компетенций
		2	
Полная трудоемкость дисциплины в зачетных единицах (ЗЕ), в т.ч.: Распределение трудоемкости по видам УР в академических часах (АЧ):	5	5	ПК-9
– лекции	27	27	
– практические занятия	27	27	
– лабораторные занятия	18	18	
– в т.ч. аудиторная СРС	18	18	
– внеаудиторная СРС	72	72	
Аттестация: экзамен	36	36	
Итого	180	180	

4.2 Содержание и структура разделов учебного модуля

4.2.1 Место экологической химии в системе наук об окружающей среде

Химия окружающей среды и экологическая химия. Предмет экологической химии. Основные понятия и определения: окружающая среда (ОС), биосфера, границы биосферы, загрязнение ОС. Химическое загрязнение ОС: вредные вещества, ксенобиотики. Меры токсичности веществ: ПДК, ДСД, ЛД, ЛК, классы опасности вредных веществ. Критерии изучения загрязнителей. Приоритетные загрязнители. Задачи экологической химии.

4.2.2 Физико-химические процессы в атмосфере

4.2.2.1 Состав и строение атмосферы

Квазипостоянные компоненты, «активные» примеси, атмосферное давление, вертикальная структура атмосферы. Температурная инверсия. Виды температурных инверсий: глобальные и локальные температурные инверсии. Устойчивость атмосферы.

4.2.2.2 Приоритетные загрязнители атмосферы

4.2.2.2.1 Превращение газообразных загрязнителей

Свободные радикалы в тропосфере. Механизм фотохимических реакций. Соединения азота в тропосфере: источники и стоки оксидов азота в тропосфере, основные процессы, приводящие к образованию азотной кислоты и нитратов. Взаимосвязь между строением молекул N_2O , NO , NO_2 и временем их жизни в тропосфере. Фотохимический смог: наиболее токсичные компоненты (озон, пероксиацетилнитрат), их образование в тропосфере. Превращение соединений серы в тропосфере: источники и стоки диоксида серы в тропосфере, газофазное, жидкофазное окисление и окисление на поверхности твердых частиц, основные процессы, приводящие к образованию серной кислоты и сульфатов. Кислотные осадки. Последствия выпадения кислотных осадков. Моноксид углерода: источники поступления в атмосферу и стоки. Метан: природные, квазиприродные и антропогенные источники поступления в атмосферу и стоки. Образование и разрушение озона в стратосфере: нулевой цикл, водородный цикл, азотный цикл, хлорный цикл, бромный цикл.

4.2.2.2.2 Дисперсные системы в тропосфере

Номенклатура и особенности тропосферного аэрозоля. Ядра Айткена. Частицы Ми. Дисперсионная мода. Относительная устойчивость аэрозолей. Коагуляция микрочастиц. Скорость осаждения частиц аэрозолей, время пребывания их в тропосфере. Химический состав тропосферного аэрозоля: океанический аэрозоль, терригенный аэрозоль, вулканический аэрозоль антропогенный аэрозоль, вторичный аэрозоль сельских и городских районов.

4.2.3 Физико-химические процессы в гидросфере

4.2.3.1 Состав природных вод. Процессы формирования состава природных вод

Классификация природных вод по составу. Основные процессы формирования состава природных вод: растворение газов, растворение твердых веществ. Показатель агрессивности природной воды. Показатель неустойчивости твердого вещества по отношению к воде. Показатель степени неравновесности. Жесткость природных вод.

4.2.3.2 Кислотно-основное равновесие в природных водах

Карбонатная система. Распределительная диаграмма карбонатной системы. Карбонатная система и pH атмосферных осадков. Растворимость карбонатов и pH поверхностных и подземных вод. Щелочность природных вод. Процессы закисления поверхностных водоемов. Три стадии закисления.

4.2.3.3 Окислительно-восстановительные процессы в гидросфере

Окислительно-восстановительное равновесие в природных водах. Активность электронов, показатель pe^- . Связь pe^- с окислительно-восстановительным потенциалом природной воды. Взаимосвязь показателя pe^- с водородным показателем природной воды.

4.2.3.4 Процессы самоочищения водных экосистем

Физические процессы самоочищения природных вод: осаждение взвешенных частиц, распределение загрязняющих веществ в водоеме в результате перемешивания. Физико-химические процессы на границе раздела фаз (испарение, сорбция). Микробиологическая трансформация загрязнителей. Химическое самоочищение водной среды (гидролиз, фотохимическое окисление). Приоритетные загрязнители гидросферы: тяжелые металлы, нефтепродукты, СПАВ. Их превращения в водной среде.

4.2.4 Физико-химические процессы в почвах

4.2.4.1 Состав почв. Органические вещества почвы

Гипергенез и почвообразование. Типы почв. Механический состав почв. Элементный состав почв. Органические вещества почвы: неспецифические органические соединения, специфические гумусовые соединения почв, органоминеральные соединения.

4.2.4.2 Поглощительная способность почв

Пять видов поглощительной способности почв. Катионообменная способность почв. Емкость катионного обмена почвенного поглощительного комплекса. Щелочность и кислотность почв. Потенциальная щелочность и кислотность почв. Актуальная щелочность и кислотность почв. Обменная и гидролитическая кислотность почв.

4.2.4.3 Приоритетные загрязнители почв и их превращения в ОС

Основные источники и стоки загрязняющих веществ в почве. Негативное воздействие минеральных удобрений на почвенные экосистемы. ТМ в почвах и почвенных компонентах. Пестициды: воздействие на живые организмы. Загрязнение почв нефтепродуктами. Процессы самоочищения почв: испарение и десорбция газов, химические и биохимические превращения загрязнителей.

4.3 Содержание практических занятий

№ раздела УМ	Темы практических занятий	Трудоемкость, акад. час
2	Термодинамический подход к изучению реакций, протекающих в ОС. Определение направления самопроизвольного протекания реакции. Вычисление константы равновесия и состава равновесной смеси по термодинамическим данным.	2
2	Кинетический подход к изучению реакций, протекающих в ОС. Кинетические уравнения реакций целочисленных порядков.	1
2	Способы выражения концентраций газообразных примесей в атмосфере: объемные доли, объемные проценты, молярная концентрация, мольные доли (млн^{-1} , млрд^{-1}) мг/м^3 , см^3 .	2
2	Образование свободных радикалов. Фотохимические реакции. Скорость окисления ЗВ.	1
2	Окисление соединений азота и серы в атмосфере.	2
2	Фотохимический смог. Образование и разрушение озона в тропосфере. Стационарная концентрация озона в тропосфере.	1
2	Критерии устойчивости аэрозолей. Выведение аэрозолей из атмосферы.	2
3	Классификация природных вод. Представление состава воды в виде формулы Курлова.	1
3	Формирование состава природных вод. Процессы растворения газов в природных. Процессы растворения твердых веществ в природных водах.	2
3	Карбонатная система и pH атмосферных осадков.	1
3	Щелочность природных вод. Взаимосвязь между щелочностью природных вод и составом карбонатной системы.	2
3	Физические и физико-химические процессы самоочищения природных вод.	1
3	Химические процессы самоочищения природных вод.	2
3	Микробиологические процессы самоочищения природных вод.	1
4	Элементный состав почв. Механический состав почв. Влагоемкость и влагопроницаемость почв.	2
4	Гумусовые вещества почвы. Емкость катионного обмена (ЕКО) почвенно-поглощающего комплекса.	1
4	Актуальные щелочность и кислотность почв. Обменная и гидролитическая кислотность почв.	2
4	Приоритетные ЗВ почв. Процессы самоочищения почв.	1

4.4 Лабораторный практикум

№ раздела УМ	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, акад. час
1	Расчет количества вредных веществ, поступающих в атмосферу от автомагистрали.	2
2	Определение физических показателей качества воды.	2
2	Определение главных ионов в природной воде	2
2	Показатели загрязнения природной воды органическими соединениями.	4
3	Определение содержания гумуса в почве методом Тюрина.	2
3	Определение емкости катионного обмена почвы.	2
3	Определение обменной и гидролитической кислотности почв.	2
3	Определение адсорбционной способности почвы на примере ионов меди.	2

4.5 Организация изучения учебного модуля

Организация процесса изучения модуля направлена на последовательное освоение знаний и формирование необходимых умений.

Значительная часть времени, выделяемого на изучение модуля учебным планом, отводится на самостоятельную работу студентов. СРС используется для актуализации имеющихся знаний и создания мотивации к дальнейшему изучению дисциплины.

Методические рекомендации по организации изучения УМ даются в Приложении А.

5 КОНТРОЛЬ И ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОГО МОДУЛЯ

Контроль качества освоения студентами учебного модуля и составляющих его тем осуществляется в течение всего периода обучения с использованием балльно-рейтинговой системы (БРС), являющейся обязательной к использованию всеми структурными подразделениями университета.

Для оценки качества усвоения курса используются следующие формы контроля:

– **текущий** – регулярно в течение семестра (контроль выполнения аудиторных и домашних заданий, защиты ЛР, работы с источниками);

– **рубежный** – на девятой неделе семестра (предполагает использование педагогических контрольных материалов для аудиторного контроля теоретических знаний и практических умений; учет суммарных результатов по итогам текущего контроля за соответствующий период, систематичность работы);

– **семестровый** – по окончании УМ (осуществляется в форме экзамена в традиционной форме; экзаменационная оценка суммируется с баллами за весь период изучения дисциплины).

Содержание видов контроля и их график отражены в технологической карте учебного модуля (Приложение Б).

Вопросы к экзамену и образец экзаменационного билета представлены в Приложениях В и Г.

Оценка качества освоения модуля осуществляется с использованием фонда оценочных средств, разработанного для данного модуля, по всем формам контроля в соответствии с Положением от 25.03.2014 Протокол УС № 18 «Об организации учебного процесса по образовательным программам высшего образования» и Положением «О фонде оценочных средств» от 25.06.2013г.

6 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОГО МОДУЛЯ

Учебно-методическое и информационное обеспечение учебного модуля представлено картой учебно-методического обеспечения (Приложение В).

7 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОГО МОДУЛЯ

Для проведения лекций необходима аудитория, оборудованная мультимедийными средствами для демонстрации лекций-презентаций, презентаций проектов и видеоматериалов.

Для выполнения лабораторного практикума необходима химическая лаборатория с соответствующим лабораторным оборудованием. Минимальный перечень оборудования включает:

- весы быстрого взвешивания РЗ-200 – 2;
- рН-метр – 2;
- колориметр КФК-3 – 2
- дистиллятор ДЭ-10 – 1;
- электроплитки – 6;
- термометры с точностью до 0,1⁰С 10;
- химическая посуда;
- химические реактивы (кислоты, щелочи, соли и т.д.);
- лабораторная мебель и оргсредства.

ПРИЛОЖЕНИЯ

- А – Методические рекомендации по организации изучения УМ
- Б – Технологическая карта УМ
- В – Экзаменационные вопросы
- Г – Форма экзаменационного билета
- Д – Карта учебно-методического обеспечения УМ

ПРИЛОЖЕНИЕ А

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ИЗУЧЕНИЯ УЧЕБНОГО МОДУЛЯ «ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХИМИЯ»

Для достижения планируемых результатов изучения модуля «Экологическая химия» используются различные образовательные технологии:

1. *Информационно-развивающие технологии*, направленные на овладение большим запасом знаний, запоминание и свободное оперирование ими. Используется **самостоятельное изучение литературы, применение новых информационных технологий для самостоятельного пополнения знаний**, включая использование технических и электронных средств информации.

2. *Деятельностные практико-ориентированные технологии*, направленные на **формирование системы профессиональных практических умений при проведении экспериментальных исследований**, обеспечивающих возможность качественно выполнять профессиональную деятельность. Используется анализ, сравнение методов проведения физико-химических исследований в зависимости от объекта исследования в конкретной производственной ситуации и его практическая реализация.

3. *Развивающие проблемно-ориентированные технологии*, направленные на формирование и **развитие проблемного мышления, мыслительной активности, способности видеть и формулировать проблемы**, выбирать способы и средства для их решения. Используются виды проблемного обучения: освещение основных проблем физической и коллоидной химии на лекциях, коллективная мыслительная деятельность в группах при выполнении лабораторных работ, решение задач повышенной сложности.

4. *Личностно-ориентированные технологии обучения*, обеспечивающие в ходе учебного процесса **учет различных способностей обучаемых**, создание необходимых условий для развития их индивидуальных способностей, развитие активности личности в учебном процессе. Личностно-ориентированные технологии обучения реализуются в результате индивидуального общения преподавателя и студента при сдаче коллоквиумов, при выполнении домашних индивидуальных заданий, подготовке индивидуальных отчетов по лабораторным работам.

При изложении теоретического содержания модуля необходимо акцентировать внимание на следующих вопросах:

Введение

Во введении необходимо дать понятия: «окружающая среда», «химия окружающей среды», «экологическая химия», подчеркнув, что экологическая химия является составной частью химии окружающей среды. Для студентов специальности 040501 – «Фундаментальная и прикладная химия» следует дать определения загрязнения окружающей среды, вредного вещества, ксенобиотика, ПДК, ЛД₅₀. Во введении целесообразно сформулировать критерии изучения загрязнителей: масштабы производства, распространение в окружающей среде, поступление и накопление в живых организмах, устойчивость и способность к разложению, химические превращения.

1 Физико-химические процессы в атмосфере

Необходимо перечислить особенности атмосферы, познакомить студентов с составом и строением атмосферы, основными ее зонами, с условием устойчивости атмосферы, дать определение температурной инверсии, охарактеризовать различные типы инверсий, отметить их роль в распространении загрязнителей.

Важно отметить, что нижний слой атмосферы – **тропосфера, куда в первую очередь поступают загрязнители, – является неравновесной, химически активной системой.** Поэтому основное внимание специалистов в области химии атмосферы направлено на изу-

чение кинетических параметров процессов, вызывающих изменение концентраций примесей в атмосфере.

Тропосфера играет на планете роль глобального окислительного резервуара. Установлено, что **основную роль в процессах окисления, протекающих в тропосфере, играют свободные радикалы, причиной появления которых является солнечное излучение.** Здесь необходимо напомнить студентам основные закономерности протекания фотохимических реакций, рассмотреть процессы, в ходе которых образуются свободные радикалы. В этом же разделе необходимо рассмотреть поведение в тропосфере таких приоритетных загрязнителей, как оксиды азота, диоксид серы, взвешенные частицы.

Для оксидов азота прослеживается четкая взаимосвязь между строением их молекул и временем жизни. Наиболее долгоживущим является оксид азота (I), в молекуле которого нет неспаренных электронов. Оксид азота(II) и оксид азота (IV), имеющие неспаренные электроны, относятся к молекулам-радикалам, потому продолжительность их «жизни» невелика. **NO и NO₂ принимают непосредственное участие в образовании компонентов фотохимического смога.**

Окисление **диоксида серы** протекает в газовой фазе, жидкой фазе и на поверхности твердых частиц. **Конечным продуктом окисления являются сульфаты.** Окисление диоксида серы является сложным многостадийным процессом, в котором сочетаются параллельные и последовательные стадии. Здесь студентам – химикам необходимо вспомнить кинетические уравнения параллельных и последовательных реакций первого порядка из курса физической химии. **Применяя формальный подход, можно рассматривать процесс окисления диоксида серы как протекающий в две стадии: окисление до серной кислоты, затем – превращение серной кислоты в сульфаты. Серная кислота – основной компонент, приводящий к закислению атмосферных осадков.**

При рассмотрении дисперсных систем (аэрозолей) важно отметить их полидисперсность. Самые мелкие частицы быстро коагулируют и оседают, самые крупные частицы также быстро выводятся из атмосферы в результате осаждения под действием силы тяжести. Частицы среднего диаметра могут персистировать в атмосфере продолжительное время и переноситься на значительные расстояния.

Очень важным вопросом в этом разделе является **вопрос об образовании и разрушении озона в стратосфере.** Студентам специальности 040501 – «Фундаментальная и прикладная химия» необходимо рассказать о распределении озона в атмосфере, дать понятие озонового слоя. Необходимо рассмотреть **нулевой цикл озона**, в случае реализации которого содержание озона в стратосфере поддерживается примерно постоянным. В присутствии гидроксильных радикалов, оксидов азота, соединений хлора и брома протекают цепные реакции, ускоряющие разрушение озона. Необходимо подчеркнуть, что **наиболее потенциально опасным является бромный цикл.**

Следует подкрепить теоретический материал примерами решения расчетных задач: определение концентрации примеси, определение времени пребывания примеси в атмосфере, времени полувыведения загрязнителя из атмосферы, времени оседания аэрозолей, расчет максимальной длины волны солнечного излучения, способного вызвать фотодиссоциацию молекул примеси.

2 Физико-химические процессы в гидросфере

Важно отметить, что **природная вода представляет собой многофазную(гетерогенную) систему открытого типа, обменивающуюся веществом и энергией с сопредельными средами (водными объектами, атмосферой, донными отложениями) и с биологической составляющей.**

Компонентами химического состава природных вод являются: главные ионы, растворенные газы, биогенные вещества, микроэлементы, растворенные органические вещества, токсичные загрязняющие вещества. Содержание этих компонентов определяется различными показателями качества природных вод, которые следует охарактеризовать:

– физические: плотность, цветность, мутность, вкус, запах, сухой остаток;

– химические: общая минерализация, содержание ионов натрия, калия, магния, кальция, хлора, сульфат-ионов, карбонат(гидрокарбонат)-ионов, в отдельных случаях – железа, марганца, меди, содержание биогенных элементов в виде нитрат-ионов, нитрит-ионов, ионов аммония, фосфат-ионов, ХПК, БПК;

– бактериальные;

– биологические.

Следует отметить, что в большинстве случаев природные воды представляют собой неравновесные, открытые (с точки зрения термодинамики) системы. Однако **для описания процессов, протекающих в природных водах, часто используют законы равновесной термодинамики.**

В первую очередь в этом разделе необходимо рассмотреть процессы формирования химического состава природных вод: растворение газов (закон Генри), растворение твердых веществ (уравнения изотермы и изобары химической реакции, связь между термодинамической константой равновесия и произведением растворимости, коэффициенты активности ионов). В этом же разделе необходимо повторить состав и свойства карбонатной системы, определяющей содержание в воде углекислого газа, гидрокарбонат- и карбонат-ионов, а также водородный показатель природной воды. В природных водах существует и окислительно-восстановительное равновесие, которое также описывается уравнениями изотермы и изобары химической реакции. Между окислительно-восстановительными и кислотно-основными характеристиками природных вод установлена тесная взаимосвязь.

Далее следует определить перечень приоритетных загрязнителей природных вод (для разных регионов это могут быть различные загрязнители). С уверенностью для всех регионов к ним можно отнести соединения тяжелых металлов, нефтепродукты, СПАВ, хлорорганические соединения. Для Новгородской области – это ионы железа, марганца и меди вследствие специфического состава природных вод.

Далее следует рассмотреть процессы самоочищения водных экосистем. Наиболее значимыми для самоочищения водной среды являются:

– физические процессы переноса: разбавление (перемешивание), вынос загрязнителей в соседние водоемы (вниз по течению), испарение, сорбция (взвешенными частицами и донными отложениями), бионакопление;

– микробиологическая трансформация;

– химическая трансформация: гидролиз, образование осадков в реакциях ионного обмена, процессы окисления с участием свободных радикалов.

Примеры расчетных задач для закрепления теоретического материала: составление формулы Курлова для природной воды, определение показателя агрессивности природной воды, определение устойчивости твердых веществ в водном растворе при различных температурах (применение уравнений изотермы и изобары химической реакции), расчет рН атмосферных осадков и природных вод (карбонатная система), оценка содержания компонентов карбонатной системы в поверхностных водах по их щелочности. Для оценки поведения загрязнителей решают задачи следующих типов: определение скорости оседания взвешенных частиц примеси, определение возможности осаждения или растворения примеси, вычисление константы скорости гидролиза примеси, вычисление константы скорости биоокисления загрязнителя.

3 Физико-химические процессы в почвах

Для студентов специальности 04.05.01 – «Фундаментальная и прикладная химия» необходимо дать определение почвы, рассмотреть факторы почвообразования, отметить сложную структуру почвы, множественность компонентов ее состава, важнейшее свойство – плодородие – и факторы его определяющие.

Почва – ключевой резервуар экосистемы, через который проходят потоки веществ между различными геосферами, причем почвообразование протекает под влиянием этих потоков. Химические процессы протекают в почве крайне медленно, в основном в почвенном растворе.

Для студентов-химиков необходимо осветить вопросы о механическом составе почвы и элементном составе почвы. Следует дать классификацию органических веществ почвы (по Д.С. Орлову) и подробно рассмотреть неспецифические органические соединения почвы, специфические гумусовые вещества почв, органоминеральные соединения в почвах.

Далее необходимо рассмотреть поглотительную способность почв, уделив наибольшее внимание катионообменной поглотительной способности почв и ее количественным характеристикам – стандартной и реальной емкости катионного обмена. Целесообразно остановиться на вопросе о щелочности и кислотности почв.

Приоритетными загрязнителями почвы являются минеральные удобрения, пестициды, нефтепродукты, тяжелые металлы.

Процессами самоочищения почвы являются:

- физические процессы (испарение летучих загрязнителей, сорбция твердыми частицами почвы из почвенного воздуха и почвенного раствора);
- химические процессы (гидролиз и процессы окисления в почвенном растворе);
- микробиологическая трансформация.

Последний процесс является наиболее значимым.

Следует подчеркнуть, что изучение любых физико-химических процессов в почве представляет сложную задачу в силу гетерогенности почвы, множественности компонентов ее состава, наличия пространственной структуры.

С целью лучшего усвоения данного раздела следует рассмотреть следующие типы задач: расчет реальной емкости катионного обмена почвы, расчет дозы внесения мелиоранта, расчет заряда, связанного с фракциями гумуса при заданном значении pH почвенного раствора.

Самостоятельная работа студентов

В образовательном процессе более половины учебных часов отводится на **самостоятельную работу студентов**, которая включает:

- работа с лекционным материалом;
- самостоятельное изучение (или повторение) тем по указанию преподавателя;
- выполнение индивидуальных домашних заданий (решение задач);
- выполнение аудиторных самостоятельных (контрольных) работ;
- оформление отчетов по лабораторным работам и защита лабораторных работ;
- подготовка докладов-презентаций;
- подготовка к итоговому тестированию;
- подготовка к экзамену.

Темы для самостоятельного изучения

1. **Физико-химические процессы в гидросфере:** жесткость природных вод; процессы закисления поверхностных водоемов; три стадии закисления.
2. **Физико-химические процессы в почвах:** Негативное воздействие минеральных удобрений на почвенные экосистемы

Теоретический материал по данным темам изложен в учебниках для вузов и учебных пособиях:

1. Голдовская Л.Ф. Химия окружающей среды: Учеб. для вузов.– М.: Мир: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008 –294с.
2. . Орлов Д.С.и др. Химия почв: Учеб. для вузов. – М.: Высшая школа, 2005. – 557с.

Темы индивидуальных домашних заданий:

1. Термодинамические расчеты равновесий реакций, протекающих в атмосфере;
2. Физико-химические процессы в атмосфере: состав и строение атмосферы, приоритетные загрязнители;
3. Физико-химические процессы в атмосфере: кинетика химических процессов в атмосфере;
4. Физико-химические процессы в гидросфере: состав и классификация природных вод;
5. Физико-химические процессы в гидросфере: процессы формирования состава природных вод;
6. Физико-химические процессы в гидросфере: процессы самоочищения природных вод;
7. Физико-химические процессы в почве.

Примеры решения задач по указанным темам и условия задач для самостоятельного решения приведены в учебном пособии:

1. Тарасова Н.П. и др. Задачи и вопросы по химии окружающей среды – М.: Мир, 2002. – 368с.

Лабораторный практикум

При выполнении лабораторного практикума студенты могут использовать практикумы и методические указания к выполнению лабораторных работ:

1. Практикум по экологической химии: метод. указания к лабораторным работам / Сост. И.В. Летенкова. – В. Новгород: Изд-во НовГУ, 2017. – 93с.
2. Практикум по экологии и охране окружающей среды: Учеб пособие для студ. Высш. учеб. заведений. – М.: Гуманит. Изд. Центр ВЛАДОС, 2001. – 288с.

Подготовка докладов-презентаций о поведении суперэкоотоксикантов в окружающей среде

В процессе изучения модуля студентам предлагаются темы докладов. По завершении изучения модуля студентам рекомендуется подготовить доклады-презентации с помощью программы POWER POINT. На заключительном занятии студенты делают доклады с презентациями по выбранным темам. Заслушанные доклады обсуждаются с преподавателем и студенческой аудиторией. В процессе обсуждения выявляются наиболее сильные и слабые стороны заслушанных докладов.

Содержание доклада

Для каждой группы суперэкоотоксикантов следует:

- дать краткую характеристику их физико-химических свойств,
- сформировать представление о результатах их воздействия на живые организмы,
- охарактеризовать как природные, так и антропогенные источники поступления в ОС,
- рассмотреть стоки (процессы выведения из окружающей среды).

По приведенному плану рассматриваются

- *полихлорированные дибензодиоксины,*
- *полихлорированные дибензофураны и бифенилы,*
- *хлорорганические пестициды,*
- *полиядерные ароматические углеводороды,*
- *тяжелые металлы (свинец, кадмий, ртуть),*
- *радионуклиды* или другие суперэкоотоксиканты по указанию преподавателя.

Теоретический материал по данным темам изложен в учебниках для вузов:

1. Ложниченко О.В. Экологическая химия: учеб пособие для студ. вузов / О.В. Ложниченко, И.В. Волкова, В.Ф. Зайцев. – М.: Изд. Центр «Академия», 2008. – 272с
2. Исидоров В.А. Экологическая химия: Учебное пособие для вузов. – СПб: Химиздат, 2001. – 304с.

Итоговое тестирование

**Образец итогового тестового задания
по дисциплине «Экологическая химия»
для специальности 04.05.01– «Фундаментальная и прикладная химия»**

1. Вещество может быть отнесено к приоритетным загрязнителям по одному из признаков:
 - 1) склонность к деградации;
 - 2) невозможность аналитического определения в ОС;
 - 3) устойчивость в ОС;
 - 4) локальные эпизодические выбросы.
2. Явление локальной температурной инверсии в тропосфере обусловлено:
 - 1) изменением солнечной активности;
 - 2) изменением температурного градиента в тропосфере;
 - 3) изменением альбедо поверхности Земли;
 - 4) ростом выбросов углекислого газа.
3. Основной причиной наличия оксидов азота в отходящих газах, образующихся при сжигании топлива на ТЭС, является:
 - 1) окисление соединений азота, присутствующих в исходном топливе;
 - 2) присутствие оксидов азота в воздухе, используемом для окисления;
 - 3) окисление соединений азота в присадках, используемых для повышения эффективности процессов горения;
 - 4) окисление азота воздуха в процессе горения.
4. Газ, являющийся основной причиной образования кислотных осадков, это:
 - 1) CO_2 ;
 - 2) NO_x ;
 - 3) SO_2 ;
 - 4) N_2 .
5. Озон в тропосфере – это:
 - 1) парниковый газ;
 - 2) сильнейший окислитель;
 - 3) УФ-«экран» планеты;
 - 4) все приведенные выше утверждения являются правильными.
6. Сколько частиц пыли присутствует в каждом кубическом метре воздуха при концентрации, равной ПДК для рабочей зоны, составляющей 6 мг/м^3 (принять: плотность пыли – 4 г/см^3 , диаметр частиц – $0,5 \text{ мкм}$, все частицы сферической формы)?
 - 1) $23 \cdot 10^9$;
 - 2) $6,0 \cdot 10^9$;
 - 3) $6,0 \cdot 10^{14}$;
 - 4) $2,3 \cdot 10^{15}$.
7. К главным ионам, доля которых в любых природных поверхностных водах превышает 95% от общей массы катионов или анионов, относятся следующие группы анионов и катионов (выберите правильный набор):
 - 1) Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{3+} ;
 - 2) Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Fe^{3+} ;
 - 3) Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} ;
 - 4) SO_4^{2-} , Cl^- , HCO_3^- , CO_3^{2-} , H_2PO_4^- .
8. Какие наборы значений pH соответствуют атмосферным и поверхностным водам, находящимся в равновесии с CO_2 атмосферы и кальцитом, при условии отсутствия других примесей, оказывающих влияние на кислотно-основное равновесие в природных водах?
 - 1) 6,0 и 5,6;
 - 2) 6,0 и 7,0;
 - 3) 4,5 и 8,3;
 - 4) 5,7 и 8,3.
9. Значение щелочности природных вод определяется суммой концентраций ионов:
 - 1) анионов и катионов;
 - 2) анионов;
 - 3) CO_3^{2-} и SO_4^{2-} ;
 - 4) HCO_3^- , OH^- и удвоенной концентрации CO_3^{2-} .

10. Каково значение щелочности воды Мирового океана (воды Мирового океана содержат в (мг/л): Na^+ - 10560; Mg^{2+} - 1270; Ca^{2+} - 400; K^+ - 380; Cl^- - 18980; SO_4^{2-} - 2650; HCO_3^- - 140; Br^- - 65; F^- - 1)?
 1) $2,29 \cdot 10^{-3}$ моль/л; 2) 140 мг/л; 3) 2,29 моль/л; 4) 206 мг-экв/л.
11. БПК₅ природной воды равен 3мг О/л, а БПК₂₁ = 15мгО/л. Вычислите константу биоокисления для данного водоема.
12. Каково среднее время пребывания воды в атмосфере, если по оценкам специалистов в атмосфере находится 12900 км^3 воды, а на поверхность суши и океана выпадает в виде атмосферных осадков в среднем $577 \cdot 10^{12} \text{ м}^3$ воды в год?
 1) 8,16; 2) 104 дня; 3) 0,64 дня; 4) 44,72 дня.
13. Из перечисленных загрязнителей, попавших в водоем, гидролизу подвергается:
 1) метанол; 3) этилацетат;
 2) фенол; 4) бензол.
14. Максимальной водопроницаемостью и минимальной влагоемкостью обладает фракция почвы:
 1) песок мелкий; 3) пыль мелкая;
 2) песок крупный; 4) ил.
15. Почва содержит 3,5% органического вещества. Вычислите %-ное содержание С и N в почве, если органическое вещество содержит 60% С и массовое соотношение С:N равно 8:1.
16. В почвенном растворе в основном содержатся ионы
 1) K^+ , Na^+ , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- ;
 2) K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- ;
 3) NH_4^+ , K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , NO_3^- ;
 4) NH_4^+ , K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , HCO_3^- , NO_3^- .
17. Миграция соединений в почве осуществляется в основном за счёт:
 1) биотического переноса; 2) перехода в почвенный раствор;
 3) испарения; 4) антропогенных воздействий.
18. В большинстве случаев кислотность почв определяется присутствием ионов:
 1) Ca^{2+} и Mg^{2+} ; 2) Al^{3+} и H^+ ; 3) Na^+ и K^+ 4) Ba^{2+} и Sr^{2+} .
19. В 100 г почвы в поглощенном состоянии содержится 200 мг подвижного кальция, 36 мг магния, 3,6 мг аммония, 1,2 мг подвижного водорода и 4,5 мг алюминия. Определите ЕКО.
20. Основным каналом самоочищения почвенных экосистем является:
 1) испарение загрязнителей с поверхности почвы;
 2) фотохимическое окисление;
 3) гидролиз загрязнителей в почвенном растворе;
 4) микробиологическое окисление.

Содержание фонда оценочных средств

1. Комплект вопросов и заданий для защиты лабораторных работ
2. Пакет индивидуальных ДЗ для самостоятельной работы
3. Комплект контрольных заданий для аудиторной СРС
3. Пакет итоговых тестовых заданий
4. Экзаменационные вопросы

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
Технологическая карта УМ «Экологическая химия»
для специальности 04.05.01 – «Фундаментальная и прикладная химия»
Семестр 7, ЗЕТ 5, вид аттестации экзамен, ауд.часов 72, баллов рейтинга 250

Трудоемкость дисциплины 5 ЗЕ = 50 б. × 5 = 250 баллов

Раздел (тема)	№ недели	Трудоемкость, АЧ					Форма текущего контроля	Макс. кол-во баллов
		Аудиторные занятия				СРС		
		Лек.	ПЗ	ЛР	Ауд. СРС			
1 Место экологической химии в системе наук об окружающей среде	1-2	3	3	–	–	6	ДЗ1	10
2 Физико-химические процессы в атмосфере	3-8	9	9	2	8	18		45
2.1 Состав и строение атмосферы.	3	2	1	–	4	6	ДЗ2	10
2.2 Приоритетные загрязнители атмосферы: источники и стоки.	4-8	7	8	2	4	12	ЛР1, ДЗ3, КР1	35
3 Физико-химические процессы в гидросфере	9-14	9	97	10	7	26		75
3.1 Состав природных вод. Процессы формирования состава природ. вод.	9	2	1	2	1	6	ЛР2, ДЗ4	20
3.2 Кислотно-основное равновесие в природных водах.	10-14	3	3	2	3	10	ЛР3, ДЗ5	20
3.3 Окислительно-восстановительные процессы в гидросфере.	12	1	2	–	–	6	КР2	15
3.4 Процессы самоочищения водных экосистем.	13-14	3	3/3	4	3	6	ЛР4, ДЗ6	20
4 Физико-химические процессы в почвах	15-18	6	6	6	3	16		40
4.1 Состав почв. Органические вещества почвы.	15	2	1	2	1	4	ЛР5, ЛР6	10
4.2 Поглотительная способность почв.	16-17	2	4	2;2	1	6	ЛР7	10
4.3 Приоритетные загрязнители почв и их превращения в ОС.	18	2	1	2	1	6	ЛР8, ДЗ7,	20
Один из разделов модуля						6	Доклад	10
Итоговый тест								20
Итого		27	27	18	18	72		200
Форма итогового контроля – экзамен								50

В соответствии с Положением «Об организации учебного процесса по образовательным программам высшего образования» от 25.03.2014 Протокол УС № 18 перевод баллов рейтинга в традиционную систему оценок осуществляется по шкале:

- оценка «удовлетворительно» – 125-174 б.
- оценка «хорошо» – 175-224 б.
- оценка «отлично» – 225-250 б.

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Экзаменационные вопросы по дисциплине «Экологическая химия» для специальности 04.05.01 – «Фундаментальная и прикладная химия»

1. Взаимосвязь химии окружающей среды и экологической химии. Предмет экологической химии. Отличие экологической химии от классической химии.
2. Химическое загрязнение окружающей среды (ОС). Вредные вещества. Ксенобиотики. Концепция ПДК. Классы опасности вредных веществ.
3. Критерии, по которым загрязнители ОС относят к приоритетным. Распространение в ОС: перенос между различными средами, географический и биотический перенос, накопление в живых организмах.
4. Критерии, по которым загрязнители ОС относят к приоритетным. Устойчивость и способность к биоразложению.
5. Специфические особенности атмосферы. Химический состав и основные зоны атмосферы.
6. Вертикальная структура атмосферы. Сухоадиабатический вертикальный градиент температуры в тропосфере. Глобальные температурные инверсии.
7. Устойчивость атмосферы.
8. Виды локальных температурных инверсий.
9. Приоритетные загрязнители атмосферы. Виды химических превращений приоритетных загрязнителей. Важнейшие окислители в атмосфере, причина их появления.
10. Фотохимические реакции, приводящие к появлению $\bullet\text{OH}$, $\bullet\text{O}_2\text{H}$ и других радикалов в тропосфере.
11. Оксиды азота. Взаимосвязь между строением молекул N_2O , NO , NO_2 и временем их жизни в тропосфере.
12. Источники и стоки оксидов азота в тропосфере. Основные процессы, приводящие к образованию азотной кислоты и нитратов.
13. Фотохимический смог, его особенности. Основные компоненты фотохимического смога: озон и пероксиацетилнитрат. Процессы, приводящие к их образованию.
14. Источники и стоки диоксида серы в тропосфере. Газофазное и жидкофазное окисление диоксида серы, окисление на поверхности твердых частиц. Основные процессы, приводящие к образованию серной кислоты и сульфатов.
15. Источники (природные, квазиприродные и антропогенные) и стоки метана в тропосфере. Время жизни метана.
16. Образование и разрушение озона в стратосфере. Нулевой цикл озона. Водородный, азотный, хлорный и бромный циклы, приводящие к разрушению озона.
17. Происхождение аэрозолей. Дисперсный состав аэрозолей. Химический состав морского, терригенного, вулканического и антропогенного аэрозолей.
18. Условия существования устойчивого аэрозоля. Коагуляция микрочастиц. Седиментация макрочастиц.
19. Аномальные свойства воды. Химический состав природных вод.
20. Классификация природных вод.
21. Процессы растворения газов в природных водах. Закон Генри.
22. Процесс растворения твердых веществ в природных водах. Показатель агрессивности природной воды. Показатель устойчивости твердого вещества по отношению к воде. Показатель степени неравновесности.
23. Жесткость природных вод.
24. Карбонатная система. Распределительная диаграмма карбонатной системы.
25. Карбонатная система и pH атмосферных осадков.
26. Растворимость карбонатов и pH подземных и поверхностных вод.
27. Щелочность природных вод.
28. Процессы закисления поверхностных водоемов. Три стадии закисления.

29. Виды загрязнений и важнейшие процессы самоочищения природных вод.
30. Физико-химические процессы самоочищения водной среды на границах раздела фаз вода - воздух и вода - твердое вещество.
31. Микробиологическое самоочищение природных вод.
32. Гидролиз неорганических и органических загрязнений в природных водах.
33. Окисление загрязнителей в природных водах.
34. Гипергенез и почвообразование.
35. Механический состав почв. Влагоемкость почвы. Водопроницаемость почвы.
36. Элементный состав почв.
37. Классификация органических веществ почвы по Д.С. Орлову.
38. Неспецифические органические соединения в почвах: углеводы, лигнин, белки, липиды.
39. Специфические гумусовые вещества почв. Гумусовые кислоты: гуминовые, гиматомелановые и фульвенные кислоты.
40. Органоминеральные соединения в почвах.
41. Поглотительная способность почв: механическая, физическая, химическая и биологическая поглотительная способность. Катионообменная способность почв.
42. Щелочность и кислотность почв. Актуальные кислотность и щелочность почв. Потенциальные кислотность и щелочность почв. Обменная и гидролитическая кислотность почв.
43. Тяжелые металлы (ТМ) в почвах и почвенных компонентах. Источники поступления ТМ в почву. Выведение ТМ из почв.
44. Проблема пестицидов: воздействие на живые организмы. Биоаккумуляция пестицидов.
45. Загрязнение почв нефтепродуктами. Источники поступления нефтепродуктов в почву. Выведение нефтепродуктов из почв.

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

ФОРМА ЭКЗАМЕНАЦИОННОГО БИЛЕТА

Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого
Кафедра «Фундаментальной и прикладной химии»

Экзаменационный билет № 20

Дисциплина «Экологическая химия»

Для специальности 040501 – «Фундаментальная и прикладная химия»

1. Условия существования устойчивого аэрозоля. Коагуляция микрочастиц. Седиментация макрочастиц.
2. Окисление загрязнителей в природных водах.
3. Неспецифические органические соединения в почвах: углеводы, лигнин, белки, липиды.

Принято на заседании кафедры _____
_____ 2016 г. Протокол № _____

Заведующий кафедрой ФПХ
_____ Зыкова И.В.

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

КАРТА УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ
модуля «Экологическая химия»
для специальности 04.05.01 – «Фундаментальная и прикладная химия»

Форма обучения: очная

Семестр 7

Всего часов: 144 из них: лекций – 27, практ. зан. – 27, в т.ч. ауд. СРС – 18, ЛР – 18, СРС – 54

Обеспечивающая кафедра Фундаментальной и прикладной химии

Отделение ЕНПР

Таблица 1 – Обеспечение дисциплины учебными изданиями

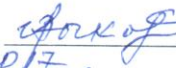
Библиографическое описание издания (автор, наименование, вид, место и год издания, кол-во страниц)	Кол-во экз. в б-ке НовГУ	Наличие в ЭБС
Учебники и учебные пособия		
1. Голдовская Л.Ф. Химия окружающей среды: Учеб. для вузов.– М.: Мир: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008 –294с.	12	
2. Ложниченко О.В. Экологическая химия: учеб пособие для студ. вузов / О.В. Ложниченко, И.В. Волкова, В.Ф. Зайцев. – М.: Изд. Центр «Академия», 2008. – 272с.	12	
3. Орлов Д.С.и др. Химия почв: Учеб. для вузов. – М.: Высшая школа, 2005. – 557с.	5	
4. Тарасова Н.П. Химия окружающей среды. Атмосфера: Учеб пособие для вузов. – М.: Академкнига, 2007 – 227с	5	
5. Топалова О.В., Пимнева Л.А. Химия окружающей среды: Учеб. пособие. – СПб.: Изд-во «Лань», 2013. – 160с.	5	
6. Федорова А.И., Никольская А.Н. Практикум по экологии и охране окружающей среды: Учеб. пособие для студ. вузов. – М.: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 2001. – 288с.	45	
Учебно-методические издания		
1. Рабочая программа УМ «Экологическая химия»/Сост. И.В. Летенкова. – В. Новгород: Изд-во НовГУ, 2014 г. – 22с.		Сайт НовГУ
2. Экологическая химия: метод. указания к практическим занятиям и самостоятельной работе студентов/Сост. И.В. Летенкова.– В. Новгород: Изд-во НовГУ, 2014.– 97с.		ЭБС НовГУ novsu.bibliotech.ru/ Reader/Book/ - 1937
3. Практикум по экологической химии: метод. указания к лабораторным работам Сост. И.В. Летенкова. – В. Новгород: Изд-во НовГУ, 2017. – 93с.		ЭБС НовГУ novsu.bibliotech.ru/ Reader/Book/ - 2517

Таблица 2 – Информационное обеспечение учебного модуля

Название программного продукта, интернет-ресурса	Электронный адрес	Примечание
1. БиблиоТех – электронно-библиотечная система	novsu.bibliotech.ru.	Логин и пароль для входа – на личной странице портала НовГУ
2. ХиМиК.ru - ХиМиК.py – Сайт о химии	www.xumuk.ru/	
3. Сайт журнала «Экологическая химия»	http://www.chemjournals.net/eco/eco_n.htm	

Таблица 3 – Дополнительная литература

Библиографическое описание издания (автор, наименование, вид, место и год издания, кол-во страниц)	Кол-во экз. в б-ке НовГУ	Наличие в ЭБС
1. Исидоров В.А., Органическая химия атмосферы. - 3-е изд., перераб. и доп. - СПб. : Химиздат, 2001. - 351с.	2	
2. Исидоров В.А., Экологическая химия : учеб. пособие для вузов / Федер.прогр.книгоизд.России. - СПб. : Химиздат, 2001. - 303с.	2	
3. Егоров В. В., Экологическая химия : учеб. пособие для вузов. - СПб. : Лань, 2009. - 182с.	15	

Действительно для 2017/2018 учебного года. Зав. кафедрой ФПХ  И.В. Зыкова
протокол № 11 от 29.06.2017

Действительно для 2018/2019 учебного года. Зав. кафедрой ФПХ  И.В. Зыкова
протокол № 13 от 28.06.2018

Действительно для 2019/2020 учебного года. Зав. кафедрой ФПХ  И.В. Зыкова
протокол № 11 от 22.06.2019

Действительно для 2020/2021 учебного года
протокол № 11 от 03.07.2020
Зав. кафедр. ФПХ  И.В. Зыкова