

МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ХИМИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

**Аннотированная рабочая программа дисциплины**

**Фотохимия объектов окружающей среды**

Специальность

**04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия**

Квалификация (степень) выпускника

**Специалист**

Форма обучения

**очная**

Томск – 2016

**1. Код и наименование дисциплины (модуля) Б1.В.ДВ.1.8.8 Фотохимия объектов окружающей среды**

**2. Цель изучения дисциплины (модуля)**

**Цель курса:** Целью освоения дисциплины «Фотохимия объектов окружающей среды» является ознакомление студентов с понятийным аппаратом дисциплины, с основными закономерностями фотохимических процессов, протекающих в окружающей среде при воздействии естественных и искусственных источников излучения.

**3. Год/годы и семестр/семестры обучения.**

4 год, 8 семестр

**4. Общая трудоемкость дисциплины (модуля)** составляет 3 зачетных единицы, 108 часов, из которых 48 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (24 часа – занятия лекционного типа, 24 часа – занятия семинарского типа) 60 часов составляет самостоятельная работа обучающегося.

**5. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

<b>Формируемые компетенции (код компетенции, уровень (этап) освоения)</b>	<b>Планируемые результаты обучения по дисциплине</b>
<p><b>(ОПК-2)</b> владение навыками химического эксперимента, синтетическими и аналитическими методами получения и исследования химических веществ и реакций</p> <p><b>(СК-2)</b> владение основами методов пробоотбора и пробоподготовки, идентификации и определения, математической статистики для обработки аналитической информации и умением их применять в анализе реальных объектов</p>	<p><b>З (ОПК-2) – II Знать:</b> синтетические и аналитические методы получения и исследования химических веществ и реакций</p> <p><b>У (ОПК-2) – II Уметь:</b> владение навыками химического эксперимента</p> <p><b>З (СК-2) – II Знать:</b> основные понятия фотохимии, закономерности и особенности протекания фотохимических процессов в различных средах; иметь представление о фотохимических процессах, происходящих в атмосфере, гидросфере и литосфере; о месте фотохимических процессов в науке об окружающей среде, в производстве, в быту.</p> <p><b>У (СК-2) – II Уметь:</b> различать фотофизические и фотохимические процессы, анализировать процессы, происходящие в электронно-возбужденных состояниях молекул результаты изучения фотохимических систем, делать выводы о механизме изучаемых процессов; формулировать задачи фотохимических исследований в объектах окружающей среды.</p>

<p><b>(СК-3)</b> владение методами синтеза, анализа и физико-химического исследования органических веществ</p>	<p><b>У (СК-3) – II Уметь:</b> выполнять кинетические расчеты для фотохимических систем и использовать приобретенные знания при решении профессиональных задач.</p> <p><b>В (СК-3) – III Владеть навыками:</b> работы с учебной и научной литературой; выбора методов изучения фотохимических явлений происходящих в атмосфере, гидросфере и литосфере, дающих возможность получить наиболее полную информацию об изучаемых системах, материалах; применения теоретических представлений при обсуждении результатов фотохимических исследований и использования их для решения фундаментальных и прикладных задач</p>
--	---



## 6. Содержание дисциплины (модуля) и структура учебных видов деятельности

### 6.1. Структура учебных видов деятельности

Наименование разделов и тем	Всего (час.)	Контактная работа (час.)					Самостоятельная работа (час.)
		Лекции	Семинары	Практические занятия	Консультации	Коллоквиумы, защита ИЗ	
Предмет, задачи и основные понятия фотохимии объектов окружающей среды	6	2	-	-	-	-	4
Основные принципы фотохимии. Природа и свойства света.	8	2	2	-	-	-	4
Процессы излучения. Диаграмма Яблонского. Времена жизни возбужденных состояний.	8	2	2	-	-	-	4
Правило Каша. Спин-орбитальное взаимодействие и испускание. Эффекты тяжелых атомов.	7	1	2	-	-	-	4
Термически активированная замедленная флуоресценция. Триплет-триплетная аннигиляция.	8	2	2	-	-	-	4
Механизмы переноса энергии. Излучательный перенос энергии. Безызлучательный перенос энергии.	7	1	2	-	-	-	4
Фотосенсибилизаторы. Эксимеры и эксиплексы.	8	2	2	-	-	-	4
Эффективные хемилюминесцентные системы: реакции переноса электрона, процессы с участием синглетного кислорода, разложение перекисей. Биолюминесценция.	7	1	2	-	-	-	4
Основные типы фотохимических реакций.	10	2	2	-	-	-	6
Источники оптического излучения. Повреждающее действие ультрафиолетового излучения.	5	1	-	-	-	-	4
Атмосфера как фотохимическая система. Фотохимия стратосферного и тропосферного озона. Фреоны.	10	2	2	-	-	-	6
Фотохимия загрязненной атмосферы городов. Различные типы смогов. Аэрозоли.	10	2	2	-	-	-	6
Фотохимические процессы в гидросфере.	7	2	2	-	-	-	3
Фотокатализ в процессах обработки воды. Комбинированные методы: сочетание различных агентов.	7	2	2	-	-	-	3
<b>Итого:</b>	<b>108</b>	<b>24</b>	<b>24</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>60</b>

## 6.2. Содержание дисциплины

### Содержание лекционного курса

Предмет фотохимии объектов окружающей среды. Зарождение и основные этапы развития фотохимии. Краткая история фотохимии. Эволюция взглядов на предмет фотохимии. Прошлое, настоящее и будущее фотохимии. Характеристика фотохимии как науки о превращениях возбужденных частиц (молекул, более сложных молекулярных образований). Фотохимические процессы. Решающая роль фотохимических реакций в развитии жизни на Земле. Сложность фотохимических превращений. Важнейшие для жизнедеятельности человека и других существ фотохимические процессы. Фотохимические законы. Фундамент современной фотохимии – квантовая теория и электронная спектроскопия. Высокая исследовательская активность в области фотохимии. Учёные – фотохимики – лауреаты Нобелевских премий.

Основные принципы фотохимии. Природа и свойства света. Видимая область спектра. Свет и энергия. Электромагнитное излучение. Концепция квантования энергии. Уравнение Эйнштейна. Формулировка закона Штарка – Эйнштейна. Поглощение и испускание излучения. Возбуждение при поглощении света. Термические и фотохимические реакции. Фотохимическая активация. Пути дезактивации электронного возбуждения. Вторичные реакции: промежуточные соединения. Возбужденные состояния: явления, зависящие от времени. Колебательная релаксация.

Процессы излучения. Люминесценция. Кинетика и квантовые выходы радиационных процессов. Флуоресценция. Фосфоресценция. Квантовые выходы фотофизических процессов. Квантовые выходы фотохимических процессов. Диаграмма Яблонского. Времена жизни возбужденных состояний. Безызлучательные переходы в сложных молекулах (внутримолекулярный перенос энергии). Радиационное время жизни. Измеряемое время жизни. Времена жизни синглетных и триплетных состояний.

Резонансная флуоресценция. Стоксов сдвиг. Независимость спектра испускания от длины волны возбуждения. Правило Каша. Спин-орбитальное взаимодействие и испускание. Эффекты тяжелых атомов. Влияние тяжелых атомов на времена жизни и квантовые выходы испускания. Влияние комплексов с переносом заряда на интеркомбинационную конверсию.

Замедленная или "задержанная" флуоресценция. Термически активированная замедленная флуоресценция. Триплет-триплетная аннигиляция. Кумуляция энергии. Рекомбинационная замедленная флуоресценция. Замедленная флуоресценция в системах с переносом заряда.

Перенос энергии. Межмолекулярный перенос энергии. Перенос электронной энергии. Механизмы переноса энергии. Излучательный перенос энергии. Безызлучательный перенос энергии. Процессы тушения возбужденных состояний. Различные механизмы безызлучательного переноса энергии. Дальнедействующие кулоновские взаимодействия. Короткодействующий столкновительный перенос энергии. Синглет-синглетный перенос энергии. Триплет-синглетный перенос энергии. Триплет-триплетный перенос энергии. Эксимеры и эксиплексы. Фотосенсибилизаторы. Стерический эффект, наблюдаемый в процессах переноса энергии при столкновениях.

Хемилюминесценция. Наиболее эффективные хемилюминесцентные системы: реакции переноса электрона, процессы с участием синглетного кислорода, разложение перекисей. Биолюминесценция. Хеми- и биолюминесцентные сенсоры.

Основные типы фотохимических реакций. Фотодиссоциация. Преддиссоциация. Гомолитическая и гетеролитическая фотодиссоциация. Фотоперенос электрона. Влияние фазового состояния. Различные пути переноса электрона. Эксиплексы. Эксимеры. Флуоресценция пирена. Фотоперенос протона. Влияние водородной связи. Фотоизомеризация. Цис-транс-изомеризация. Механизм цис-транс фотоизомеризации. Обратимость реакции. Фотохимия стильбенов. Валентная фотоизомеризация. Валентные фотоизомеры бензола. Влияние длины волны возбуждения.

Фототаутомерия. Фотоизомеризация координационных соединений. Фотоприсоединение. Правило Вудворда-Хоффмана. Примеры реакций фотоприсоединения. Фотохимия диенов. Фотовосстановление. Фотовосстановление кетонов и красителей. Фотоокисление.

Фотокатализ. Первичные и вторичные процессы при фотокатализе. Структуры рутила, анатаза и брукита. Энергетические зоны оксидов. Эффективность фотокатализа. Влияние наночастиц на окружающую среду. Гомогенный и гетерогенный фотокатализ. Гетерогенный фотокатализ в процессах обработки воды. Комбинированные методы: сочетание различных агентов.

Источники оптического излучения. Естественные источники излучения. Солнечное излучение. Освещенность солнечным светом. Спектральное распределение энергии солнечного излучения. Искусственные источники излучения. Газоразрядные лампы. Эксилампы - газоразрядные источники спонтанного ультрафиолетового излучения.

Повреждающее действие солнечного излучения. Солнцезащитные средства. Повреждающее действие ультрафиолетового излучения. Максимально допустимые дозы облучения ультрафиолетовым излучением. Зрение и глаз. Оптическая чувствительность глаза.

Важная роль фотохимических процессов в окружающей среде. Атмосфера как фотохимическая система. Фотопроцессы в атмосфере. Происхождение и эволюция атмосферы. Стратосфера. Тропосфера. Фотохимия под действием солнечного излучения. Фотохимическое запасание солнечной энергии.

Фотохимические и хемилюминесцентные методы в экологии. Кислород – элементарные формы и свойства. Возбужденные состояния молекулы  $O_2$ . Синглетный кислород. Фотохимия стратосферного и тропосферного озона. Фреоны. Их классификация и фотопревращения. Проблема разрушения озонового слоя.

Фотохимия загрязненной атмосферы городов. Различные типы фотохимических смогов. Смоги с окислительными свойствами. Фотохимия аэрозолей. Номенклатура и основные черты распределения тропосферного аэрозоля. Химический состав тропосферного аэрозоля. Стратосферный аэрозоль. Оптические свойства аэрозолей.

Фотохимические процессы в гидросфере. Аномальные свойства воды и состав природных вод. Химия континентальных вод. Химия морской воды. Органические загрязняющие компоненты в поверхностных водах.

#### **Семинарские занятия**

1. Кислород – элементарные формы и свойства. Активные формы кислорода. Возбужденные состояния молекулы  $O_2$ . Синглетный кислород. Олигомеры кислорода.
2. Фотохимия озона. Проблема разрушения озонового слоя. Фреоны. Их классификация и фотопревращения.
3. Химия и фотохимия атмосфер других планет.
4. Загрязнение атмосферы формальдегидом. Природные и антропогенные источники формальдегида и других карбонильных соединений. Атмосферная фотохимия этих соединений.
5. Фотосенсибилизаторы. Механизмы действия. Типы фотосенсибилизаторов.
6. Ультрафиолетовые технологии в современном мире. Различные виды воздействия УФ-излучения.
7. Фотореакторы. Типы фотореакторов.
8. Совместная фото- и биodeградация. Фотохимическая очистка. Удаление примесей с помощью фотолиза. Окислительные технологии в очистке воды. Влияние кислорода, озона и других кислородсодержащих соединений на фотопроцессы в водных средах.

#### **6.3. Форма промежуточной аттестации зачет**

#### **7. Ресурсное обеспечение:**

Перечень основной и дополнительной учебной литературы.

**Список основной литературы**

1. Джирард Дж. Е. Основы химии окружающей среды / Дж. Е. Джирард. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. – 640 с.
2. Фотореакторы : [учеб. - метод. пособие для вузов по специальности „Фотохимия“] / И. В. Соколова [и др.]. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2014. – 68 с.
3. Экспериментальные методы химии высоких энергий: : [учеб. - метод. пособие для вузов по специальности „Химия“] / М.Я. Мельников [и др.]. – М.: Изд-во МГУ, 2009. – 824 с.

**Список дополнительной литературы**

1. Васильев Р.Ф. Хемилюминесценция, создаваемая светом / Р. Васильев, Ю. Цаплиев // Успехи химии. –2006. – Т. 75. – № 11. – С. 1103–1118.
2. Исидоров В.А. Экологическая химия / В.А. Исидоров. – СПб.: Химиздат, 2001. – 304 с.
3. Задачи и вопросы по химии окружающей среды / Н.П. Тарасова [и др.]– М.: Мир, 2002. – 368 с .
4. Красновский А.А. мл. Фотодинамическое действие и синглетный кислород // Биофизика. – 2004. –Т. 49. – № 2. – С. 305–321.
5. Ларин И.К. Химия озонового слоя и жизнь на Земле // Химия и жизнь – XXI век. – 2000. – № 7. – С. 10–15.

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети Интернет.

1. Гвоздкова И.А., Паращук Д.Ю. Солнечная энергетика: подрастающий игрок. 2009. <http://rffi.molnet.ru/rffi/ru/lib> Портал РФФИ. Библиотека. Научно-популярные статьи. Фундаментальные основы инженерных наук.
2. <http://pubs.rsc.org/en/Content/ArticleLanding/2010/PP/c0pp90028a> / Photosciences: a look into the future / Photochem. Photobiol. Sci., 2010,9, 1533-1534.
3. <http://elibrary.ru/item.asp?id=9284696> /Успехи химии. 2007. Т. 76. № 1. С. 102-112.

**8. Преподаватель (преподаватели).**

Автор, доктор физ.-мат. наук, профессор кафедры физической и коллоидной химии  
Соколова Ирина Владимировна