

На правах рукописи

ПОТАПОВ Алексей Владимирович

**ИССЛЕДОВАНИЕ ФОТОФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В  
РАСТВОРАХ МОЛЕКУЛ КРАСИТЕЛЕЙ В ОБЪЕМНОЙ И  
МИЦЕЛЛЯРНОЙ ВОДЕ**

01.04.05 – оптика

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата физико-математических наук

Москва 2005

Работа выполнена на кафедре общей физики физического факультета Московского Государственного Университета им. М. В. Ломоносова.

Научный руководитель: доктор физико-математических наук,  
профессор А. М. Салецкий,  
физический факультет МГУ  
им. М. В. Ломоносова

Официальные оппоненты: доктор физико-математических наук,  
профессор В. З. Пашенко,  
биологический факультет МГУ  
им. М. В. Ломоносова;  
доктор физико-математических наук,  
профессор Р. З. Сюняев, РГУ нефти и  
газа им. И. М. Губкина

Ведущая организация: Оренбургский Государственный  
Университет

Защита состоится " 16 " февраля " 2005г. в " 15<sup>00</sup> " час. на заседании Специализированного совета Д501.001.45 при Московском Государственном Университете им. М. В. Ломоносова по адресу: 119992, г. Москва, Ленинские горы, ГСП-2, НИИЯФ МГУ, 19 корпус, аудитория 2-15.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке НИИЯФ МГУ.

Автореферат разослан " 11 " января 2005г.

Ученый секретарь  
Специализированного совета Д501.001.45  
доктор физико-математических наук

А. Н. Васильев

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы.** Изучение фотофизических процессов, происходящих в ансамблях сложных органических соединений, является одной из важнейших задач современной молекулярной физики, оптики и спектроскопии. Это объясняется значимостью такого рода процессов в природных системах и растущими практическими применениями таких молекулярных систем для регистрации информации, в качестве активных сред и элементов управления лазерных систем и др.

Обычно, сложные молекулы находятся в окружении молекул среды (растворителя), которые оказывают существенное влияние на фотофизические процессы. При анализе этих процессов в подобных системах, однако, не учитывается влияние структуры окружения растворенных молекул на механизм их протекания. Представления, привлекаемые для анализа сложных молекулярных систем, базируются на предположении их гомогенности, подразумевающей отсутствие структурных неоднородностей в окружающей сложную молекулу матрице. Реальные же молекулярные системы характеризуются гетерогенностью, обусловленной пространственной неупорядоченностью молекул.

В связи с этим, особый интерес представляет изучение влияния гетерогенности среды на фотофизические процессы, в том числе перенос энергии электронного возбуждения (ПЭЭВ) и молекулярную ассоциацию.

Интерес к этим процессам обусловлен тем, что эффективность процессов переноса энергии электронного возбуждения и комплексообразования в основном состоянии - ассоциации напрямую зависит от существования локальных областей повышенной концентрации молекул – гетерогенности системы. При наличии подобных областей в системе происходит увеличение эффективности этих процессов, из-за уменьшения регламентирующего расстояния между взаимодействующими

молекулами, и, следовательно, эта величина является характеристикой структурирования матрицы окружения.

В этой связи представляет интерес исследование влияния водной матрицы на фотофизические процессы. Многочисленные исследования свойств воды и водных растворов показали, что вода является весьма неординарной жидкостью, трудно поддающейся не только непосредственному экспериментальному изучению, но и моделированию. Многие из ее параметров аномальны и существенно отличаются от аналогичных параметров других жидкостей, что может быть связано со структурой водной среды.

Особый интерес представляет вода внутри обращенных мицелл, которые можно рассматривать как микрореактор с легко варьируемыми размерами, природой "стенок" и внутренней средой. Вода, заполняющая внутреннюю полость гидратированных обращенных мицелл, отличается по своим физико-химическим свойствам от обычной (объемной) воды.

**Цель проведенных исследований состояла** в исследовании структуры водных систем методами спектроскопии рассеянного света, спектрально-люминесцентном исследовании фотофизических процессов (перенос энергии электронного возбуждения, ассоциация) между молекулами сложных органических веществ в этих системах и установлении влияния структуры матрицы окружения на их эффективность.

В задачу исследования входило изучение структурных особенностей  $\text{H}_2\text{O}+\text{D}_2\text{O}$  растворов и растворов обращенных мицелл методами спектроскопии рассеянного света. Исследование процессов ассоциации и структуры образующихся комплексов молекул органических красителей в водных, водно-спиртовых и  $\text{H}_2\text{O}+\text{D}_2\text{O}$  растворах, а так же в системах обращенных мицелл. Изучение влияния СВЧ – излучения на спектральные характеристики водных растворов красителей. Исследование процессов переноса энергии между молекулами органических красителей в водных

растворах с добавками неэлектролитов, растворах  $\text{H}_2\text{O}+\text{D}_2\text{O}$ , системах обращенных мицелл.

**Научная новизна.** Впервые установлено существование структурных неоднородностей в  $\text{H}_2\text{O}+\text{D}_2\text{O}$  растворах и определены их размеры. Показано влияние количества мицеллярной воды на размер, форму, полидисперсность обращенных мицелл и структуру мицеллярного раствора. Установлено изменение эффективности процесса ассоциации и структуры образующихся комплексов молекул красителей при добавлении спирта и тяжелой воды в водную матрицу растворителя, а так же при солубилизации обращенными мицеллами. Исследовано влияние СВЧ - излучения различных частотных диапазонов на ассоциацию молекул красителей и структуру их водных растворов. Впервые исследованы процессы переноса энергии электронного возбуждения в водных растворах с добавками неэлектролитов и в растворах  $\text{H}_2\text{O}+\text{D}_2\text{O}$ . Впервые исследован внутри- и межмицеллярный перенос энергии электронного возбуждения в системах обращенных мицелл.

**Значимость полученных результатов.** Результаты исследования фотофизических процессов в растворах со структурной организацией расширяют представления о механизмах взаимодействия в сложных молекулярных и биологических системах. Полученные результаты могут использоваться как методика описания структуры гетерогенных молекулярных систем и фотофизических процессов, проходящих в этих системах. Также, полученные результаты могут быть использованы для построения модели воды, на основании новых данных о фрактальном распределении взаимодействующих молекул.

Результаты изучения растворов обращенных мицелл дают новую информацию о структурных особенностях водной матрицы и способах изменения данной структуры, а так же представляют интерес для специалистов в области химической энзимологии.

Результаты исследования влияния СВЧ – излучения на процессы ассоциации могут быть применены для диагностики водных систем и других реальных биологических объектов.

**Основные защищаемые положения:**

1. Структура  $H_2O+D_2O$  растворов формирует кластерное распределение взаимодействующих молекул. В  $H_2O$ ,  $H_2O+D_2O$  с объемным соотношением 50: 50 и  $D_2O$  растворах формируются кластеры наибольшего размера.

2. При увеличении количества мицеллярной воды происходит структурирование мицеллярного раствора (образование мицеллярных кластеров) и уменьшение его полидисперсности.

3. Высокая эффективность процессов комплексообразования молекул красителей обусловлена кластерной структурой окружающей матрицы растворителя. При разрушении этой структуры происходит уменьшение эффективности ассоциации и перестройка структуры ассоциата.

4. СВЧ- воздействие на водные растворы молекул органических красителей осуществляется через изменение структуры водной матрицы. При СВЧ- облучении происходит деформация, перестройка, а возможно разрушение водородных связей, и как следствие кластерной структуры воды. Структурные изменения воды под действием СВЧ поля вызывает изменение степени ассоциации и формы димеров растворенного красителя и их разрушение.

5. Эффективность процессов переноса энергии электронного возбуждения (ПЭЭВ) в водных растворах красителей обусловлена их морфологией. В таких системах формируется кластерное распределение взаимодействующих молекул, имеющее фрактальную размерность, что вызывает увеличение эффективности ПЭЭВ. Добавление неэлектролитов в водные растворы и нагревание приводит к разрушению кластерной структуры. При добавлении  $D_2O$  в  $H_2O$  наблюдается отклонение от

линейного изотопического эффекта влияния на структуру раствора и как следствие на эффективность фотопроцессов.

6. Разрушение кластерной структуры водной системы при сольюбилизации обращенными мицеллами. При увеличении степени гидратации или добавлении спирта во внутреннюю часть обращенных мицелл происходит восстановление структурных неоднородностей, присущих водной матрице.

**Апробация работы:** Основные результаты диссертационной работы были представлены следующих конференциях: 7-ой Международной конференции студентов и аспирантов по фундаментальным наукам «Ломоносов-2000» (Москва. 2000 г.); Научной молодежной школе «Оптика-2000» (Санкт-Петербург. 2000 г.); Международной конференции по люминесценции, посвященной 110-летию со дня рождения академика С.И.Вавилова (Москва. 2001 г.); 2-ом Всероссийском семинаре «Проблемы и достижения люминесцентной спектроскопии» (Саратов. 2001 г.); Международной конференции студентов и аспирантов по фундаментальным наукам «Ломоносов-2003» (Москва. 2003 г.); 3-ей Международной конференции молодых ученых и специалистов «Оптика-2003» (Санкт-Петербург. 2003 г.); Международной конференции «Современные проблемы физики и высокие технологии» (Томск. 2003 г.); Федеральной итоговой научно-технической конференции творческой молодежи России по естественным, техническим, гуманитарным наукам (Москва. 2003 г.); Международной конференции студентов и аспирантов по фундаментальным наукам «Ломоносов-2004» (Москва. 2004 г.); 11-ой Всероссийской конференции «Структура и динамика молекулярных систем» (Яльчик. 2004 г.).

**Публикации.** По материалам диссертации опубликовано 20 печатных работ.



**Объем и структура работы.** Диссертация состоит из введения, обзора литературы (глава 1), описания материалов и методов (глава 2), трех глав, посвященных представлению полученных результатов, выводов и списка цитируемой литературы, содержащего 177 ссылок. Работа изложена на 131 странице, содержит 51 рисунок и 1 таблицу.

*Во введении* рассматриваются актуальность поставленной задачи и обсуждаются цели настоящей работы.

*В обзоре литературы* состоящем из 5 разделов представлено описание структурных моделей воды (§1.1), мицеллярных систем (§1.2), исследуемых фотофизических процессов – ассоциации и переноса энергии электронного возбуждения и работ, посвященных изучению этих процессов (§1.3 и §1.4), а так же взаимодействия СВЧ – излучения с водными системами (§1.5).

*В главе объекты и методика исследования* перечислены вещества, использовавшиеся в работе, и описаны экспериментальные методы исследования фотофизических процессов.

*В главах с третьей по пятую* представлены и обсуждены полученные экспериментальные результаты.

В заключение отдельным пунктом вынесены основные результаты и выводы.

## **РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ**

### **1. Исследование структуры водных и мицеллярных систем методами спектроскопии рассеянного света.**

Методом корреляционной спектроскопии рассеянного света исследована структура растворов  $H_2O+D_2O$ . Определен радиус рассеивающих образований  $R$ . Наибольший размер кластеров установлен для растворов  $H_2O$ ,  $D_2O$  и  $H_2O:D_2O$  50:50. Анализ структуры исследованных  $H_2O+D_2O$  растворов был проведен также на основе исследования низкочастотных спектров комбинационного рассеяния. Проведена оценка

размеров фрактальных областей  $L$  для исследованных макромолекулярных систем. Ход зависимости  $L(C_{D_2O})$  аналогичен зависимости  $R(C_{D_2O})$ . Однако величины  $L$  и  $R$  равны только для экстремальных точек: 0, 50 и 100%  $D_2O$ , в то время как для промежуточных значений  $C_{D_2O}$   $L$  больше, чем  $R$ . Это связано по всей вероятности с тем, что определение  $R$  было осуществлено в предположении сферической формы рассеивателей, что имеет место только для указанных выше концентраций  $D_2O$ . Из экспериментальных данных по комбинационному рассеиванию света была определена фрактальная размерность  $\gamma$  распределения молекул в растворах. Минимальное значение  $\gamma$  установлено для раствора с соотношением  $H_2O$  к  $D_2O$  50/50.

Для систем обращенных мицелл аэрозоля ОТ (АОТ) из экспериментальных данных по корреляционной спектроскопии рассеянного света были определены радиусы рассеивающих частиц  $R_h$  для различных значений степени гидратации  $\omega$  (молярного соотношения  $[H_2O]/[АОТ]$ ). Разность  $\Delta R = R_h - r$ , где  $r$  - радиус внутренней полости мицеллы рассчитываемый теоретически, при небольших значениях  $\omega$  в пределах ошибки измерения остается постоянной и равной  $12 \text{ \AA}$ , что соответствует длине молекулы АОТ. При дальнейшем увеличении степени гидратации в области  $\omega > 45$   $\Delta R$  возрастает. По всей видимости, это связано с образованием мицеллами с определенной степенью вероятности более крупных комплексов, то есть происходит ассоциация самих мицелл, а не составляющих их молекул поверхностно активного вещества. При малых значениях  $\omega$  форма мицелл является сферической. При  $\omega > 45$ , в области образования мицеллярных ассоциатов, форма образующихся мицелл представляет собой эллипсоид вращения. При увеличении  $\omega$  происходит сужение спектра распределения мицелл по размерам, т.е. уменьшаются отклонения размеров мицелл от среднего значения.

## 2. Исследование процессов ассоциации в растворах объемной и мицеллярной воды.

Исследованы абсорбционные спектры водно-спиртовых растворов красителей родамина 6Ж (Р6Ж) и метиленового голубого (МГ). Установлено, что с ростом концентрации  $C_2H_5OH$  процессы ассоциации начинаются при больших концентрациях красителей, и наблюдается меньший градиент зависимости степени ассоциации  $I-X$  от концентрации красителя. При концентрации  $H_2O > 90\%$  увеличивается эффективность ассоциации Р6Ж по сравнению с МГ. Изменение состава растворителя практически не влияет на структуру димера МГ: угол между мономерными молекулами в димере постоянен. Для димеров Р6Ж при малых концентрациях спирта угол между молекулами в димере меньше, чем для димеров в растворе с концентрацией спирта  $> 20\%$ . При этом перестройка структуры димера происходит при концентрации спирта = 10%.

Исследовано влияния состава  $H_2O+D_2O$  раствора на ассоциацию молекул красителя Р6Ж. С увеличением  $C_{D_2O}$  в растворителе происходит немонотонное увеличение степени ассоциации, с максимальным значением при  $C_{D_2O} = 50\%$ . Для этого же раствора получено минимальное значение угла между мономерными молекулами в димере. Максимальная энергия связи молекул красителя в димере наблюдается для растворов  $H_2O$ ,  $D_2O$  и  $50\%H_2O+50\%D_2O$ , причем для раствора с объемным соотношением  $H_2O:D_2O$  50:50, этот максимум глобальный.

Исследовано влияние СВЧ – излучения двух различных частотных диапазонов – 2мм и 6,9дм на эффективность процессов ассоциации растворенных в воде молекул красителя. Облучение водных растворов Р6Ж различными частотами СВЧ-излучения приводит к разрушению части ассоциатов красителей. Воздействие СВЧ-излучения в миллиметровом диапазоне примерно в 2 раза эффективнее, чем облучение излучением

дицетрового диапазона. После выключения СВЧ- излучения происходит образование ассоциатов Р6Ж. Примерно через 10 минут система восстанавливает свои оптические свойства. Деформация спектров поглощения водных растворов Р6Ж может быть обусловлена изменением кластерной структуры воды при воздействии слабого СВЧ – поля. Были исследованы водные растворы Р6Ж с различным содержанием этилового спирта: 5% (по объему)— раствор характеризуется кластерной структурой, 20%— кластерная структура частично разрушена, 50%— раствор является гомогенным. С ростом концентрации этанола наблюдается уменьшение эффекта СВЧ - воздействия на водные растворы и при концентрации спирта, равной 50% этот эффект равен нулю. Зависимость угла между мономерными молекулами  $\varphi$  от времени облучения имеет немонотонный характер с ярко выраженным максимумом при СВЧ- облучении в течении 30 минут. При выключении СВЧ- облучения с течением времени структура димера становится аналогичной структуре до включения СВЧ поля.

Значения степени ассоциации в мицеллярной воде заметно меньше значений степени ассоциации в объемной воде. Наблюдается рост степени ассоциации молекул Р6Ж при увеличении степени гидратации. Величина угла между мономерными молекулами при увеличении степени гидратации приближается к полученной ранее величине угла в объемной воде. При добавлении этилового спирта в мицеллярную воду, значения степени ассоциации молекул Р6Ж, в отличие от растворов объемной воды, увеличиваются.

Исследованы спектры флуоресценции молекул Р6Ж в обращенных мицеллах. Из изменений спектров с ростом степени гидратации сделаны выводы об уменьшении жесткости и полярности окружения молекул красителя, а также об увеличении неоднородного уширения уровней молекул

Р6Ж в обращенных мицеллах. Установлена разница в эффективностях процесса насыщения флуоресценции Р6Ж в объемной и мицеллярной воде.

### **3. Исследование процессов переноса энергии электронного возбуждения в растворах объемной и мицеллярной воды.**

Исследовано влияние добавления этанола в водную матрицу растворителя на процессы ПЭЭВ между молекулами красителей. Для характеристики эффективности ПЭЭВ в исследованных системах были определены значения теоретического и экспериментального критического радиусов ПЭЭВ  $R_0$ . Теоретические значения  $R_0$  рассчитывались в предположении гомогенности исследуемой системы из перекрытия спектров поглощения молекул акцептора и флуоресценции молекул донора энергии. Экспериментальные значения  $R_0$  определялись на основании того, что критический радиус переноса есть расстояние между молекулами, при котором вероятность излучательной дезактивации молекул красителя равна вероятности ПЭЭВ между ними. Наибольшая разница теоретических и экспериментальных значений  $R_0$  наблюдается при малом содержании этилового спирта в воде. Увеличение концентрации этилового спирта приводит к уменьшению эффективности ПЭЭВ. При малых концентрациях спирта (до 10%) фрактальная размерность системы близка к 2. Этот результат подтверждает гипотезу о кластерной структуре водных систем, так как при наличии кластеров воды возможна локализация молекул вблизи их поверхности. При концентрациях спирта более 15% зависимость монотонно возрастает до значения равного трем при концентрации этилового спирта 60%. Что говорит о том, что в спирте молекулы распределены достаточно однородно, и фрактальные кластеры отсутствуют. Рост температуры раствора приводит к уменьшению критического радиуса ПЭЭВ между донором и акцептором (т.е. наблюдается уменьшение эффективности ПЭЭВ). При этом происходит увеличение фрактальной размерности  $\gamma$ . При  $T \sim 40^\circ\text{C}$

$\gamma = 3$ , то есть при нагревании водных растворов красителей они становятся гомогенными.

Определены значения  $R_0$  между молекулами донора и акцептора в водных системах с добавками малых (до 10 объемных процентов) концентраций этилового, бутилового, изопропилового спиртов и ацетона. Для всех систем в исследуемой области концентраций обнаружена экстремальная зависимость эффективности процесса ПЭЭВ, причем положение одного из максимумов на шкале концентраций зависит от добавляемого в водный раствор красителей неэлектролита, а положение второго является константой для всех исследуемых систем.

Исследован ПЭЭВ в  $H_2O+D_2O$  растворах. Значения теоретического радиуса ПЭЭВ при изменении состава растворителя не изменялись и оставались равными  $\sim 6$  нм. Зависимость разности экспериментальных и теоретических значений  $R_0$  от концентрации  $D_2O$  немонотонна и имеет три точки максимума для растворов  $H_2O$  и  $D_2O$ , а так же для раствора с объемным соотношением  $H_2O$  к  $D_2O$  50/50. Фрактальная размерность растворов  $H_2O$  и  $D_2O$  и раствора с объемным соотношением  $H_2O$  к  $D_2O$  50/50 минимальна и равна двойке.

Исследованы процессы ПЭЭВ в водных растворах красителей, солюбилизированных обращенными мицеллами для случаев нахождения молекул донора и акцептора в одной (случай 1) и в разных мицеллах, причем менялось как количество молекул акцептора (2), так и количество мицелл с акцептором (3). Значения радиуса переноса энергии в мицеллярной воде гораздо ниже значения, полученного для объемной воды, однако при увеличении степени гидратации происходит увеличение эффективности ПЭЭВ. Фрактальная размерность системы с наименьшей степенью гидратации в случае 1) близка к значению 3, тогда как в случаях 2) и 3) меньше 2. При увеличении  $w$  происходит уменьшение размерности системы. Полученный результат для случая 1) может быть объяснен разрушением

кластерной структуры водной матрицы в полостях обращенных мицелл, обуславливающей повышенную эффективность процессов переноса энергии и восстановлением этой структуры при увеличении  $w$ . В случаях 2) и 3), когда эффективность переноса зависит от пространственного расположением мицелл, уменьшение фрактальной размерности объясняется структурированием раствора самих мицеллярных комплексов.

Исследован ПЭЭВ при различных концентрациях  $D_2O$  в водном растворе, солюбилизированном обращенными мицеллами. В мицеллярной фазе зависимость радиуса переноса имеет один максимум в точке с содержанием тяжелой воды равным 50%  $D_2O$ . Также установлено увеличение размерности растворов  $H_2O$  и  $D_2O$  в обращенных мицеллах до значений близких к 3 и сохранение значения в точке 50/50.

## **ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ**

1. Методами спектроскопии рассеянного света изучены структуры  $H_2O+D_2O$  растворов и растворов гидратированных обращенных мицелл. В  $H_2O+D_2O$  растворах обнаружено фрактальное распределение молекул, с характерными размерами кластеров 2-6 мкм. В мицеллярных системах с увеличением количества воды в полостях обращенных мицелл происходит увеличение внешнего радиуса мицеллы, трансформация формы мицеллы из сферической в эллипсоидальную и уменьшение полидисперсности мицеллярного раствора. В области степеней гидратации более 40 показано существование мицеллярных кластеров.

2. Показана зависимость эффективности процессов ассоциации и формы димеров молекул органических красителей от состава структурированного растворителя. Разрушение кластерной структуры водной системы обуславливает уменьшение эффективности ассоциации.

3. Зарегистрировано влияние СВЧ – излучения миллиметрового и дециметрового диапазонов на эффективность процессов ассоциации молекул

красителя, связанное с деформацией или разрушением части водных кластеров.

4. Исследованы процессы переноса энергии электронного возбуждения (ПЭЭВ) между молекулами органических красителей в водных растворах при различных температурах, в водных растворах с добавками неэлектролитов и в  $\text{H}_2\text{O}+\text{D}_2\text{O}$  растворах. Показано, что высокая эффективность ПЭЭВ обусловлена существованием фрактальных кластеров с повышенной концентрацией молекул красителей.

5. Исследован внутри- и межмицеллярный перенос энергии электронного возбуждения между молекулами красителей в системах обращенных мицелл. Показано разрушение кластерной структуры воды при солюбилизации обращенными мицеллами, восстановление этой структуры и структурирование самого мицеллярного раствора при увеличении количества воды внутри мицеллы.

6. Установлено разрушение кластерной структуры водной матрицы, как при нагревании, так и при солюбилизации обращенными мицеллами. Добавление спирта в мицеллярную воду, в отличие от объемной, приводит к частичному восстановлению концентрационных неоднородностей.

7. Для  $\text{H}_2\text{O}+\text{D}_2\text{O}$  раствора с соотношения компонент 50:50 обнаружено существование фрактальных молекулярных кластеров наибольшего размера. Для данного раствора зафиксирована максимальная энергия связи ассоциатов растворенных молекул красителей и минимальная фрактальная размерность. Установлено, что солюбилизация этого раствора, в отличие от  $\text{H}_2\text{O}$  и  $\text{D}_2\text{O}$ , не оказывает влияния на его фрактальную структуру.

#### **Список работ по теме диссертации:**

1. Потапов А.В. Влияние структурной организации водных сред на фотофизические процессы. Научная молодежная школа "Оптика 2000", Санкт-Петербург, 2000, 17-19 октября, Тезисы докладов, с.147-148



2. Потапов А.В. Влияние структуры водных систем на процессы переноса энергии электронного возбуждения. VII международная конференция студентов и аспирантов по фундаментальным наукам «Ломоносов 2000», Москва, 2000, Тезисы докладов, с.9-10

3. Лозовая Т.Н., Потапов А.В., Салецкий А.М. Влияние структуры водно-спиртовых растворов красителей на ассоциацию их молекул, Журн. прикл. спектроскопии, 2001, т.68, N4, с.423-426

4. Лозовая Т.Н., Потапов А.В., Салецкий А.М., Червяков А.В. Фотофизика сложных органических молекул в водных растворах и обратных мицеллах, Международная конференция по люминесценции, посвященная 110-летию со дня рождения академика С.И.Вавилова, Москва, 2001, 17-19 октября, Тезисы докладов, ФИАН, с.143

5. Лозовая Т.В., Потапов А.В., Рулева Н.Н., Салецкий А.М., Табаи Н. Спектрально-люминесцентные характеристики молекул родамина 6Ж в воде и обратных мицеллах аэрозоля ОТ. II Всероссийский семинар «Проблемы и достижения люминесцентной спектроскопии.», Саратов, 2001, 19-20 июня, Тезисы докладов, с.14

6. Лозовая Т. В., Потапов А. В., Салецкий А. М. Процессы переноса энергии электронного возбуждения между одно- и разнотипными молекулами красителей в водных системах. Роль структуры воды, Журнал хим. физ., 2002, Т.21, №6, С.3-7

7. Андреев Г. А., Лозовая Т. В., Потапов А. В., Салецкий А. М. Перенос энергии электронного возбуждения между молекулами красителей в структурированных растворах  $H_2O$  и  $D_2O$ ., Оптика и спектроскопия, 2003, Т.94, №1, С.20-24

8. Кузьмичева А. Н., Потапов А. В., Исследование процессов переноса энергии электронного возбуждения в водных системах, Международная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых по фундаментальным наукам «Ломоносов-2003», Москва, 2003, Тезисы докладов, с.78

9. Андреев Г. А., Власова И. М., Потапов А. В., Влияние солюбилизации воды на размеры и форму обратных мицелл поверхностно-активного вещества, Международная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых по фундаментальным наукам «Ломоносов-2003», Москва, 2003, Тезисы докладов, с.79

10. Нищева И. Г., Потапов А. В., Исследование процессов ассоциации молекул родамина 6Ж в водной фазе обратных мицелл аэрозоля ОТ, Международная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых по фундаментальным наукам «Ломоносов-2003», Москва, 2003, Тезисы докладов, с.81

11. Андреев Г. А., Нищева И. Г., Потапов А. В., Салецкий А. М., Исследование структуры воды во внутренних полостях обратных мицелл методом молекулярного зонда, Международная конференция «Современные проблемы физики и высокие технологии», Томск, 2003, 29.09-04.10, Тезисы докладов, с.270

12. Кузьмичева А. Н., Потапов А. В., Процессы переноса энергии электронного возбуждения в водных растворах с добавками малых концентраций неэлектролитов, Третья международная конференция молодых ученых и специалистов «Оптика – 2003», Санкт-Петербург, 2003, 20-23 октября, Тезисы докладов, с.260

13. Нищева И. Г., Потапов А. В., Ассоциация молекул родамина 6Ж в водных пулах обращенных мицелл, Третья международная конференция молодых ученых и специалистов «Оптика – 2003». Санкт-Петербург, 2003, 20-23 октября, Тезисы докладов, с.280

14. Кузьмичева А. Н., Потапов А. В., Исследование влияния структурных особенностей водных систем на фотофизические процессы. Федеральная итоговая научно-техническая конференция творческой молодежи России по естественным, техническим, гуманитарным наукам, Москва, 2003, с.48-49

15. Нищева И. Г., Потапов А. В. Влияние солюбилизации воды обращенными мицеллами на ассоциацию растворенных молекул красителей. Международная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых по фундаментальным наукам «Ломоносов-2004», Москва, 2004, Тезисы докладов, с.90-91

16. Кузьмичева А. Н., Потапов А. В. Перенос энергии электронного возбуждения между молекулами органических красителей в системах обращенных мицелл. Международная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых по фундаментальным наукам «Ломоносов-2004», Москва, 2004, Тезисы докладов, с.91

17. Кузьмичева А. Н., Потапов А. В., Салецкий А. М. Внутри- и межмицеллярный перенос энергии электронного возбуждения между молекулами органических красителей. XI Всероссийская конференция «Структура и динамика молекулярных систем», Яльчик, 2004, с. 211

18. Андреев Г. А., Потапов А. В., Салецкий А. М. Перенос энергии электронного возбуждения между молекулами органических красителей в растворах  $H_2O+D_2O$ , солюбилизированных обращенными мицеллами. Структурные особенности водной матрицы. XI Всероссийская конференция «Структура и динамика молекулярных систем», Яльчик, 2004, с. 229

19. Андреев Г. А., Потапов А. В., Салецкий А. М. Перенос энергии электронного возбуждения между молекулами красителей в растворах  $H_2O$  и  $D_2O$  в мицеллярной фазе. //Оптика и Спектроскопия, 2004, т.97, №5, с.780-784

20. Домнина Н. А., Королев А. Ф., Потапов А. В., Салецкий А. М. Влияние СВЧ - излучения на процессы ассоциации молекул родамина 6Ж в водных растворах. //ЖПС, 2005, Т.72, № 1, с.34-37

ООП Физ. ф-та. МГУ. Заказ 157-50-04