



Новые эффективные методы и средства непрерывного контроля объектов систем водоснабжения и бутилированной питьевой воды

Д.ф.-м.н., профессор В.В. Фадеев,
МГУ им. М.В. Ломоносова,
Физический факультет,
кафедра квантовой электроники

Проект партии «Единая Россия»

«Чистая вода»

Цели проекта: Улучшение качества питьевой воды... Повышение качества управления объектами водоснабжения.

Задачи:

1. ... Упорядочение и совершенствование нормативно-правовой базы в сфере питьевого водоснабжения.
2. Строительство и защита водозаборов..., водохранилищ питьевого назначения.
3. ...Улучшение качества и экономия питьевой воды.
4. ...Качество бутилированной питьевой воды...
5. ...Доочистка воды, подаваемой в наиболее важные для жизнедеятельности населения объекты.
6. Сохранение водных объектов, а также экосистем, влияющих на процессы воспроизводства питьевой воды.

Базовые положения:

- Средства водоподготовки и система контроля качества воды должны составлять единый и неделимый комплекс: первое без второго нереализуемо, второе без первого бессмысленно.
- Проблема эффективного и своевременного контроля качества воды многофакторна. Для её решения необходимо рационально использовать широкий набор дополняющих друг друга методов и средств. «Пусть расцветают сто цветов» и пусть найдётся художник, способный составить из них единый букет.
- Эффективные системы контроля качества воды дороги и поэтому проекты их создания должны быть научно обоснованы.

Научное обоснование предлагаемой системы контроля качества воды – результаты выполнения проектов:

- 5-ти проектов РФФИ и 2-х междисциплинарных проектов МГУ – результаты фундаментальных исследований.
- 3-х проектов ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России» (I и II очереди) и 1-го проекта ФЦП «Реформирование ОПК» - результаты прикладных исследований.

Предложение 1

Комплекс для непрерывного автоматизированного контроля качества воды в водохранилищах питьевого назначения (задача 2 Проекта «Чистая вода») и других водных объектах (задача 6 Проекта «Чистая вода») :

Доминирующий в настоящее время периодический контроль должен быть дополнен квазинепрерывным, а репаративные методы анализа - экспрессными автоматизированными методами. Это позволит обеспечить высокую информативность и чувствительность наблюдений и охватить широкий диапазон пространственных и временных масштабов, что обеспечит получение данных для научно обоснованного прогноза экологического состояния водоемов и своевременного принятия адекватных мер.

Концепция: трехуровневая система мониторинга

1-й уровень: непрерывный контроль выбранной акваторий и «горячих точек»

2-й уровень: прицельный контроль по сигналу со средств 1-го уровня

3-й уровень: анализ прицельно отобранных проб средствами и методами максимальной информативности, аттестованными для предъявления санкций.

Средства мониторинга

- беспилотный самолет с фотокамерами видимого и ИК диапазона и малогабаритным лидаром на борту (лидар – здесь дистанционный лазерный спектрометр) как средство периодического дистанционного контроля всего водоема;
- лидар берегового базирования как средство квазинепрерывного дистанционного контроля прилегающей акватории с характерным размером от единиц метров до сотен метров со стационарного поста;
- лазерный спектрометр с приемо-передающим оптоволоконным кабелем - зондом, позволяющим удалить контролируруемую точку на расстояние от единиц метров до километров от базового прибора - средство непрерывного дистанционного контроля выделенных точек акватории;
- патрульный катер с погружаемыми приборами и средствами отбора проб;
- береговая аналитическая лаборатория с лазерными и традиционными средствами анализа проб воды.

Лидар берегового базирования



ИЗЛУЧАТЕЛЬ ЛАЗЕРА

ТЕЛЕСКОП КОССЕГРЕНА

ОПТИЧЕСКИЙ МНОГОКАНАЛЬНЫЙ
АНАЛИЗАТОР

ИЗМЕРИТЕЛЬ МОЩНОСТИ
ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

БЛОКИ ПИТАНИЯ ЛАЗЕРА

Лазерный спектрометр с приемо-передающим оптоволоконным кабелем-зондом



в лаборатории НИС «Академик Топчиев»

Оптоволоконный приёмо-передающий кабель-зонд протянут от базового блока лазерного спектрометра и введён в трубу, прикреплённую к борту НИС «Академик Топчиев» (рейс в июле-августе 2008 г.)



Лабораторный многофункциональный лазерный спектрометр (МЛС)

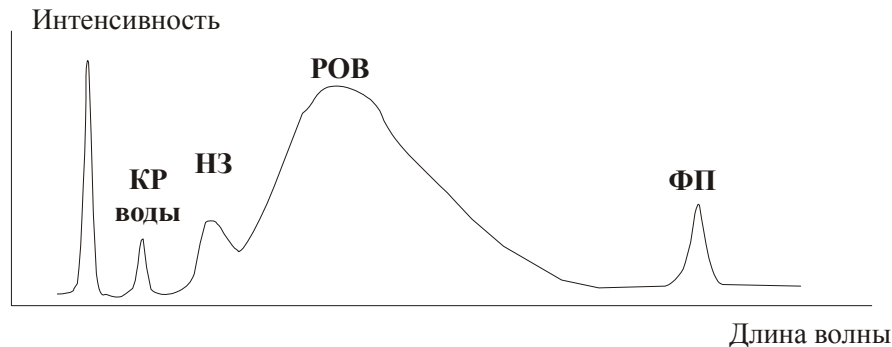
МЛС предназначен для проведения анализов проб природных вод (и экстрактов) в береговой лаборатории, с максимально возможной для современных методов лазерной флуориметрии информативностью, достигаемой за счёт многофункциональности спектрометра.

МЛС: основные технические характеристики

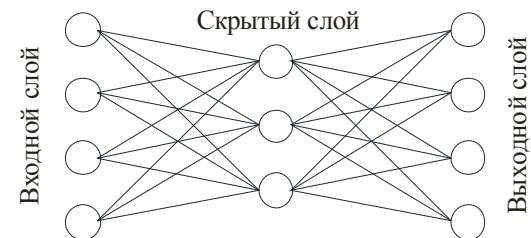
- четыре длины волны импульсного возбуждающего излучения в ИК, УФ и видимом диапазонах спектра;
- параллельная регистрация спектров в широком диапазоне длин волн с чувствительностью не хуже 10 фотонов/отсчет;
- спектральное разрешение 0.1 нм;
- генерация лазерных импульсов в двух диапазонах длительностей: 0.3...0.4 нс и 20...30 нс;
- измерение кривых насыщения флуоресценции (в диапазоне значений фактора насыщения 1...10) и кинетических кривых (с шагом 2 нс);
- измерение двух- и трехмерных матриц значений интенсивностей выбранных спектральных полос;
- определение набора характеристик спектра и фотофизических параметров объектов по адаптируемым программам;
- работа в различных режимах анализа – на пробах, в проточной кювете, зондирование удалённых объектов через оптоволоконный кабель

Методы лазерной флуориметрии и спектроскопии КР

ИЗМЕРЕНИЕ СПЕКТРА ЭХО-СИГНАЛА ПРИ ЗОНДИРОВАНИИ ВОДЫ



ОБРАБОТКА С ПОМОЩЬЮ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ



ОПРЕДЕЛЯЕМЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ:

- ХАРАКТЕРИСТИКИ ФИТОПЛАНКТОНА КАК БИОИНДИКАТОРА КАЧЕСТВА ВОДЫ
- ХАРАКТЕРИСТИКИ ГУМИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ (РОВ) КАК ФЛУОРЕСЦЕНТНОГО ИНДИКАТОРА ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ СТРУКТУР И ПРИСУТСТВИЯ В ВОДЕ ТОКСИКАНТОВ
- ФЛУОРЕСЦЕНТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ФОТОФИЗИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ОРГАНИЧЕСКИХ ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ: КРАСИТЕЛЕЙ, ПЕСТИЦИДОВ, ФЕНОЛОВ, НЕФТЯНЫХ УГЛЕВОДОРОДОВ И Т.Д.
- ХАРАКТЕРИСТИКИ ВАЛЕНТНОЙ ПОЛОСЫ КР ВОДЫ КАК ИНДИКАТОРА ТЕМПЕРАТУРЫ И ПРИСУТСТВИЯ В ВОДЕ СОЛЕЙ

Практические методики

- ***Методика определения гидрологических структур по характеристикам флуоресценции гуминовых веществ***

Идея использования флуоресценции гуминовых веществ (ГВ) для индикации гидрологических структур основывается на известных фактах различия содержания и флуоресцентных свойств ГВ различного происхождения.

О генезисе гуминовых веществ можно судить по характеристикам полосы флуоресценции, которые могут быть зафиксированы с применением прецизионных методов анализа, таких как классификационные алгоритмы, использующие технику искусственных нейронных сетей (ИНС).

- ***Методика использования гуминовых веществ как флуоресцентных индикаторов присутствия экотоксикантов***

Практические методики

- **Методики определения характеристик фитопланктона с использованием лазерной флуориметрии**
 - Определение концентрации хлорофилла *a* и феофитина *a* в экстрактах: необходимый объём экстракта – доли мл при концентрации пигментов порядка 10^{-10} М; информативный параметр – интенсивность флуоресценции, делённая на интенсивность КР ацетона.
 - Определение концентрации хлорофилла *a* и состояния фотосинтетического аппарата нативного фитопланктона, **флуоресцентная биоиндикация качества воды**; информативные характеристики – фотофизические параметры, определяемые методом нелинейной лазерной флуориметрии.

Практические методики

- **Методики определения нефтяных загрязнений в воде с использованием лазерной флуориметрии**
 - Определение нефтяных углеводородов (НУ) в гексановом экстракте; необходимый объём экстракта – доли мл при концентрации НУ порядка $10E-10$; информативный параметр – интенсивность флуоресценции НУ, делённая на интенсивность КР гексана.
 - Определение НУ в исходной пробе или непосредственно в водной среде (лазерное зондирование); чувствительность – единицы мкг/л; методы: распознавание спектральных образов с помощью ИНС, нелинейная лазерная флуориметрия.

Натурная апробация новых методов и средств лазерного мониторинга водных объектов

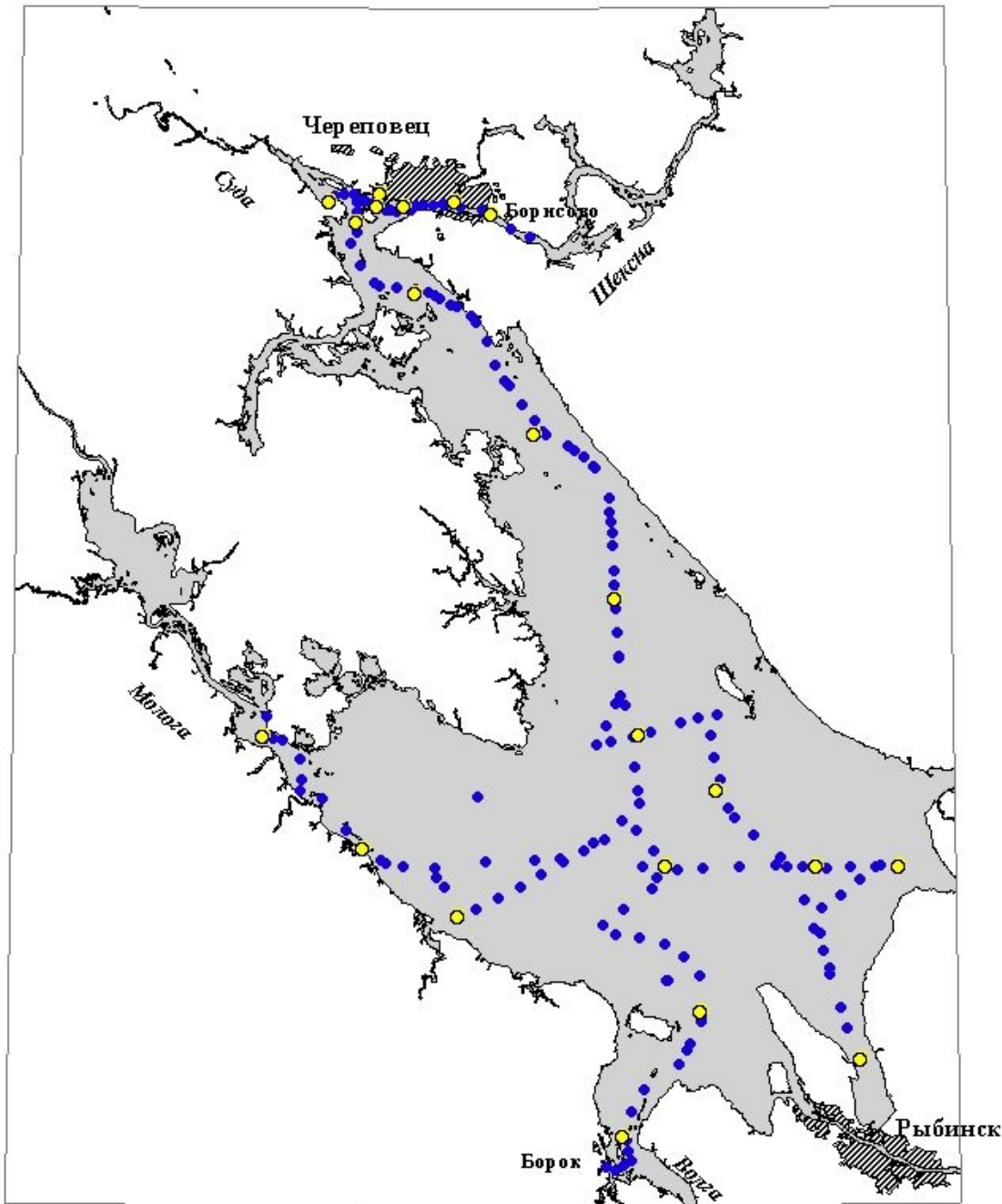
- 2003....2010 г.г. – 6 экспедиций на Рыбинском водохранилище (совместно с ИБВВ им. И. Д. Папанина РАН)
- 2008 г. – экспедиция на Волжский каскад водохранилищ

Характер

работ:

- Лазерная флуориметрия проб воды.
- Зондирование через приёмо-передающий оптоволоконный зонд на ходу судна.





**Точки измерений на
Рыбинском
водохранилище
в рейсе НИС «Академик
Топчиев»
(2-6 октября 2007 г.):**

- - на станциях;
- - на ходу судна

Экспедиция по Волжскому каскаду водохранилищ в рейсе НИС «Академик Топчиев» в июле-августе 2008 г.



Предложение 2. Оптический контроль питьевой воды (задача 4 Проекта «Чистая вода»).

Тот же лазерный анализатор, что и в Предложении 1, но в портативном варианте, может быть использован для контроля качества бутилированной питьевой воды, причём как на этапе розлива воды (просвечивание струи лазерным лучом), так и в закрытых стеклянных и пластиковых ёмкостях.

Возможно также создание прибора достаточно низкой стоимости с нелазерным источником возбуждения (светодиодами или лампой). Он будет определять ряд критически важных параметров питьевой воды, а именно:

- цветность (инструментальное определение);
- концентрации органических соединений и ионов солей.

Дополнительные функции прибора: контроль качества минеральных вод, безалкогольных и спиртных напитков.

Способ нами запатентован.

Использование в учебном процессе.

Подготовка кадров. Психология.

- Разделы курсов лекций, диссертационных, дипломных и курсовых работ
- Подготовка уникального международного молодёжного проекта «Междисциплинарные проблемы водных ресурсов» на базе Русско – Германского института науки и культуры МГУ (РГИ). Участники – студенты РГИ из МГУ и университетов Германии, Австрии и Швейцарии, представители всех естественнонаучных и гуманитарных специальностей (физики, математики, химики, биологи, медики, почвоведы, географы, геологи, экономисты, юристы, историки, философы, социологи, лингвисты, менеджеры и др.)