

УДК 543.42; 537.528

К.А. Ломанович, В.С. Тесленко

ИГиЛ СО РАН, Новосибирск

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ СПЕКТРАЛЬНОГО ЭКСПРЕСС АНАЛИЗА ВОДНЫХ РЕСУРСОВ С ПОМОЩЬЮ ДИАФРАГМЕННЫХ РАЗРЯДОВ

Введение. Оперативное определение примесей в воде – одна из актуальных задач современности. Существующие методы анализа водных ресурсов не достаточно оперативны. Одной из основных целей данной работы являлось создание простого и дешевого прибора для спектрального анализа жидкостей в малых объемах ($\sim \text{мм}^3$). Представленный в данной статье метод основан на электронной фотосъемке и цифровой обработке спектров излучения от электрического разряда в отверстиях диэлектрических пленок (диафрагм) и пластин. Такой разряд называется «диафрагменным» [1]. Диафрагменный разряд исключает паразитный спектр от электродов за счет их выноса из зоны разряда. В данном случае область высокой концентрации тока находится в отверстии диафрагмы, где за счет нагрева жидкости происходит ее испарение с последующим разрядом между двумя жидкими электродами.

Методы и способы реализации. В данной работе рассматриваются два метода возбуждения атомно-молекулярных колебаний и два соответствующих способа регистрации спектров воды и примесей в водных растворах:

1. Возбуждение электрического разряда в отверстиях диэлектрической пластины, с толщиной $h \ll d$ (d – диаметр отверстия) [2,3,4,6]. Условно, этот способ возбуждения мы будем называть поперечным разрядом, относительно щели спектрографа.

2. Возбуждение электрического разряда в отверстиях диэлектрической пластины, с толщиной $h \gg d$. Такой разряд можно технически реализовать в капилляре, капилляр располагается вдоль щели.

Постановка экспериментов. Эксперименты проводились при атмосферном давлении и комнатной температуре. Общая схема экспериментальной установки представлена на рисунке 1 а. Электрическая схема разрядного контура и рабочей кюветы представлена на рисунке 1б.

Конденсатор $C=2-100$ мкФ заряжался до необходимого напряжения U , Коммутация тока осуществлялась механическим коммутатором K или разрядником РУ-62. С помощью шунта R контролировался разрядный ток в кювете. Регистрация тока осуществлялась с помощью цифрового осциллографа Tektronix TDS 210, данные с которого записывались на персональный компьютер. Собственная индуктивность разрядной цепи установки составляла $L_0=5\text{мкН}$. В части экспериментов в разрядную цепь включалась дополнительная индуктивность. Спектры записывались с помощью цифровой видеокамеры, с последующей обработкой на компьютере при помощи специально разработанной программы.



Рис. 1а

Рис. 1. Принципиальная схема постановки экспериментов: 1,2 – металлические электроды, 3 – диэлектрическая пластина с отверстиями, 4 – кювета с электролитом, l_1, l_2 – расстояние между электродами и диафрагмой, h – толщина диэлектрической пластины.

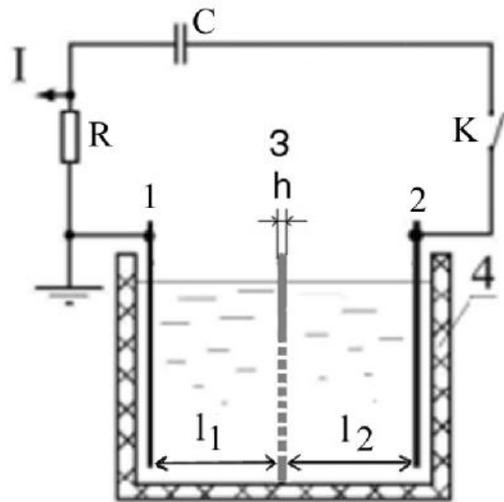


Рис. 1б

Результаты экспериментов. Исследовались спектры свечения для двух режимов: а) в диапазоне напряжений 5–8 кВ, высоковольтный разряд, б) в диапазоне напряжений: 100–400 В, так называемый автоколебательный режим, низковольтный разряд. Основная часть экспериментов проводилась в режиме (б), как перспективная разработка для безопасной эксплуатации прибора.

На Рис.2 представлены осциллограмма тока (I) и свечения (L) в автоколебательном режиме разряда (а) [б].

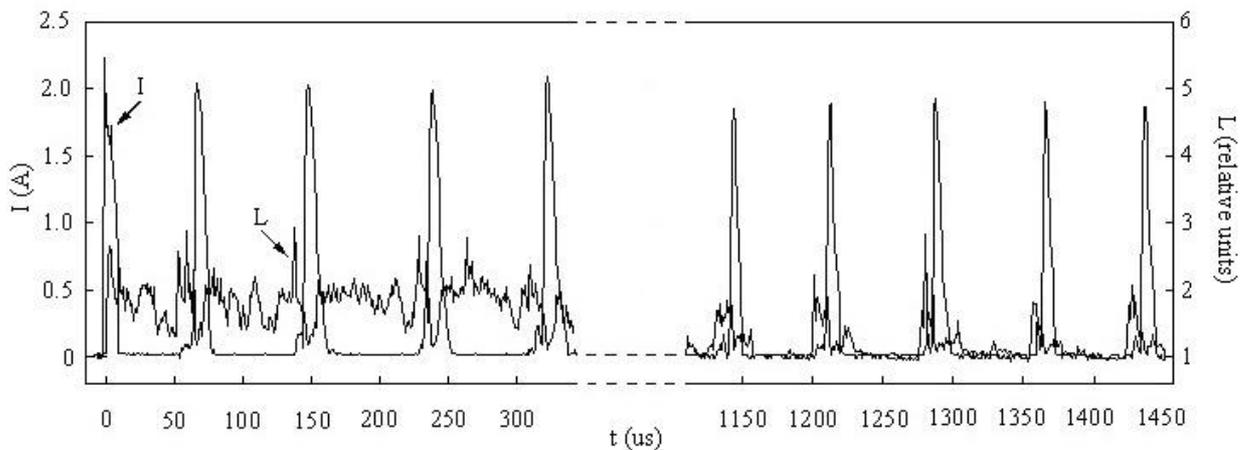


Рис.2

Режим (а), высоковольтный диафрагменный разряд. В постановке 1, в качестве разрядного промежутка была задействована лавсановая диафрагма толщиной $h=50$ мкм в виде сектора сферы с фокусным расстоянием $F=55$ мм, с множеством отверстий ($N\sim 2700$) диаметра $0,15 \pm 0,05$ мм. В качестве испытываемой жидкости использовался водный раствор хлорида натрия с концентрацией $K=0,5-20$ % . В качестве источника тока использовался генератор одиночных импульсов тока ГИТ-2. Напряжение разряда варьировалось в диапазоне от 5 до 8 кВ. Емкость накопительного конденсатора составляла 2 мкФ. Коммутация тока осуществлялась разрядником РУ-62. Детальное описание постановки экспериментов представлено в работе [5]. Для этой постановки экспериментов были получены зависимости интенсивности свечения спектральных линий от задаваемого напряжения на разрядной ячейке (Рис. 3 а) и концентрации хлорида натрия (рис.3б). Выявлена квадратичная зависимость яркости свечения спектральной линии от напряжения разряда.

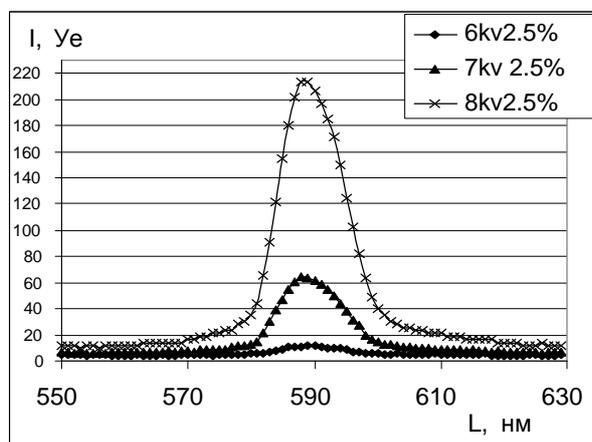


Рис. 3а

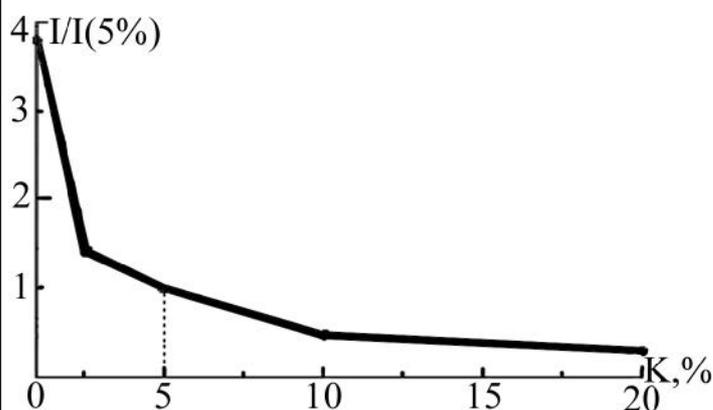


Рис. 3б

Проведен количественный анализ, зависимости яркости свечения спектральной линии от плотности электролита в кювете. На рисунке 3 б приведена зависимость яркости свечения от разряда из кюветы, в зависимости от весовой концентрации раствора хлорида натрия ($K, \%$) для напряжения на разрядной ячейке $U=8$ кВ. Замечено, что с увеличением концентрации, отверстия по центру диафрагмы перестают светиться, что влечет за собой снижение светового потока. Так же сделан вывод об эффективности спектрального анализа растворов с малой концентрацией примесей в воде описываемым методом.

Режим (б), низковольтный диафрагменный разряд. Низковольтный диафрагменный разряд, так же как в режиме (а), осуществлялся на N отверстиях ($N=1-25$). В варианте $N=25$ отверстия диаметром $d=50$ мкм были сделаны во фторопластовой пленке толщиной 20 мкм в виде линии длиной 6 мм, которая располагалась вдоль щели спектрографа. В данной работе (Рис.4) представлены только результаты исследований для одного отверстия ($N=1$).

Новизна исследований заключается в том, что был детально изучен автоколебательный режим диафрагменного разряда, с применением скоростной киносъемки совместно с регистрацией ампер-секундных характеристик (Рис. 2) [2,3,6]. Для представленных спектрограмм (Рис.4) осуществлялся анализ жидкостей в режиме автоколебаний тока на отверстии диаметром 0,2 мм, при напряжении $U=300$ В, без дополнительной индуктивности. Проведен качественный и количественный анализ пробных растворов хлорида натрия и сульфида натрия. Полученные спектры свечения для исследованных растворов приведены на рис 4.

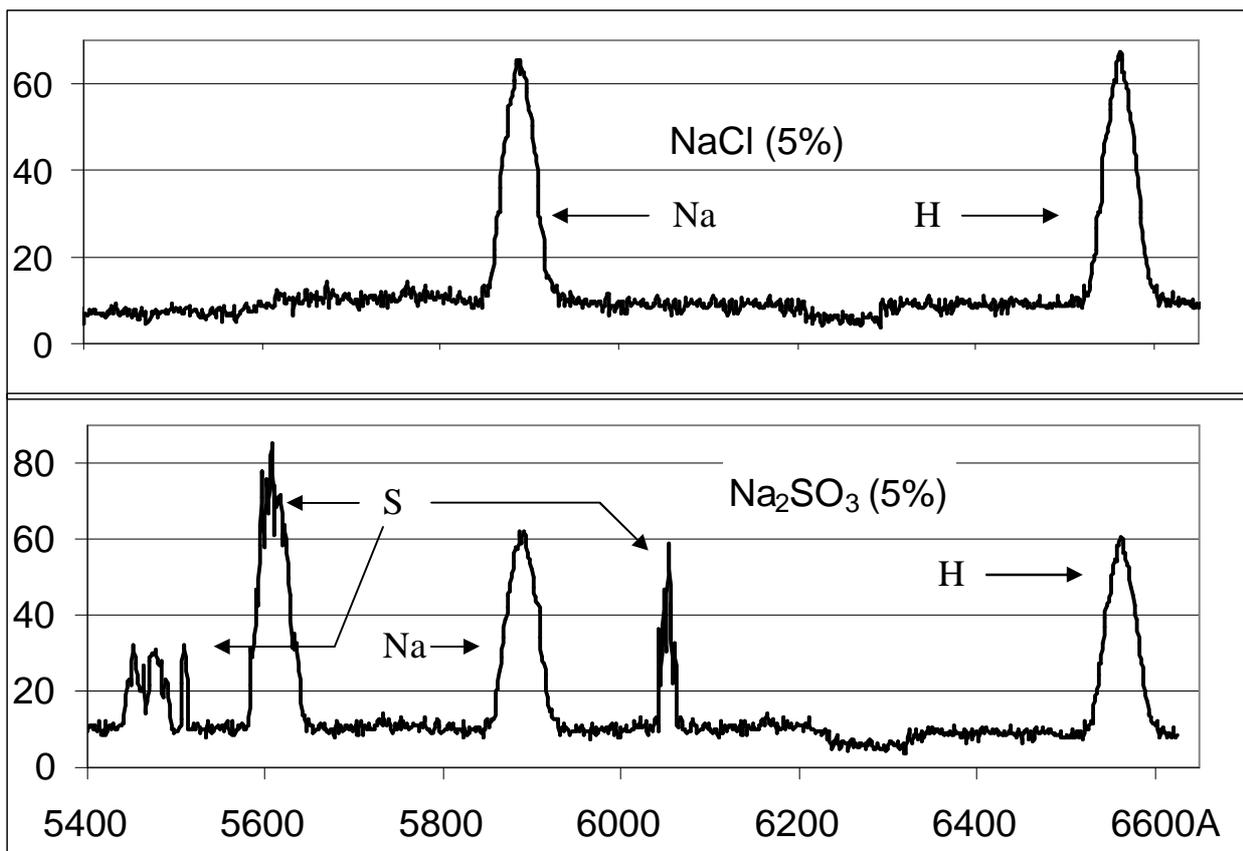


Рис. 4

Из представленных спектрограмм видно, что обе спектральные характеристики содержат линии натрия (Na) на длине волны 5890 А. Разрешающая способность оптической системы и видеокамеры составляли 2А/рiх. В обеих характеристиках так же наблюдается линия водорода (H) на длине волны 6560 А. Для раствора сульфида натрия регистрировались линии серы (S), которые представлены на нижней спектрограмме рис.4.

ВЫВОДЫ

1. Показана возможность количественного спектрального анализа веществ в водных растворах с помощью диафрагменного разряда.

2. Показана принципиальная возможность реализации спектрального анализа примесей в воде при напряжениях 100-400 Вольт, в режиме автоколебаний тока.
3. В представленной методике исключена эрозия металлических электродов.
4. Показана возможность экспресс-анализа жидкости с цифровой записью спектров и их обработкой на компьютере.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (гранты: № 05-08-18145, № 06-02-17453). Авторы благодарны Г.Н. Санкину за постановку задачи исследований спектров при высоковольтном электрическом разряде в жидкости.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Э.М. Дробышевский, Б.Г. Жуков, Б.И. Резников, С.И. Розов. Излучение и равновесный состав плазмы импульсного диафрагменного разряда в электролитах // ЖТФ, 1977 т. 47, в. 2, с. 255-262.
2. В.С.Тесленко, А.П.Дрожжин, А.М.Карташов Генерация автоколебательных процессов при диафрагменном разряде в электролите // Письма в ЖТФ, 2001, том 27, вып. 20, с. 83-88.
3. А.П.Дрожжин, А.М.Карташов Импульсный диафрагменный разряд в жидкости // Динамика сплошной среды, 2001, Выпуск 117, с. 130-132.
4. Б.К.Зуев, В.В.Ягов, М.Л.Гецина, Б.А.Руденко Разряд при вскипании в канале новый источник автоматизации и возбуждения для атомно-эмисионного определения металлов в потоке // Журнал аналитической химии, 2002, том 57, №10, с. 1072-1077.
5. Г.Н.Санкин, А.П.Дрожжин, К.А.Ломанович, В.С.Тесленко Многоочаговый диафрагменный электроразрядный генератор ударных волн в жидкости // Приборы и техника эксперимента, 2004, №4, с. 114–118.
6. В.С.Тесленко, А.П.Дрожжин, Г.Н.Санкин Автоциклический кольцевой пробой в электролите с вынужденным коллапсом пузырьков. Письма в ЖТФ, 2006, т. 32, в. 4, стр. 24-30.