



Белорусский государственный университет  
Физический факультет  
Кафедра лазерной физики и спектроскопии

# Атомно-эмиссионная спектроскопия биологических объектов

Аспирантка:  
Патапович Мария Петровна

Научный руководитель:  
доктор физико-  
математических наук,  
профессор  
Зажогин Анатолий Павлович





## Актуальность проблемы

- **Состояние окружающей среды – показатель здоровья населения нашей страны. Большую опасность представляют загрязнения окружающей среды соединениями тяжелых металлов (Pb, Hg, Be, As, Ni, Cu, Zn, Al, Cd, Fe и т. д.).**
- **Изучение элементного состава растений необходимо для более полной характеристики распределения химических элементов в природных и антропогенных ландшафтах, поскольку растения являются важнейшим звеном биологического круговорота веществ. С практической точки зрения сведения о химическом составе растений необходимы для обеспечения сбалансированного питания человека и животных.**





- **Цель исследования** – исследование возможностей проведения количественного атомно-эмиссионного экспресс-анализа растительных объектов (сныти и крапивы) на содержание ряда важнейших элементов и разработка соответствующих методик.
- **Объекты исследования** – биообъекты (растительные и животные образцы).
- **Предмет исследования** – количественное содержание химических элементов в различных частях растения в зависимости от фазы его развития и места произрастания.





Большими потенциальными возможностями для проведения оперативного химико-аналитического контроля объектов растительного и животного происхождения на содержание различных металлов обладает лазерный атомно-эмиссионный многоканальный спектральный анализ, отличающийся многоэлементностью, сравнительной простотой подготовки образцов и довольно низкими пределами обнаружения.





Для проведения исследований  
использовался лазерный  
многоканальный атомно-эмиссионный  
спектрометр LSS-1.





Спектрометр включает в себя в качестве источника возбуждения плазмы двухимпульсный неодимовый лазер с регулируемой энергией и интервалом между импульсами (модель LS2131 DM). Лазер обладает широкими возможностями как для регулировки энергии импульсов (от 10 до 80 мДж), так и временного интервала между импульсами (от 0 до 100 мкс). Лазер может работать с частотой повторения импульсов до 10 Гц и максимальной энергией излучения каждого из сдвоенных импульсов до 80 мДж на длине волны 1064 нм. Длительность импульсов  $\approx 15$  нс. Временной сдвиг между сдвоенными импульсами может изменяться с шагом 1 мкс. Лазерное излучение фокусировалось на образец с помощью ахроматического конденсора с фокусным расстоянием 100 мм. Размер пятна фокусировки примерно 50 мкм. Все эксперименты проводились в атмосфере воздуха при нормальном атмосферном давлении.





- Для разработки перспективных методов экспресс-анализа содержания металлов проведены экспериментальные исследования свежих растительных образцов огурцов и томатов.
- Выбор указанных объектов основывался на том, что при их выращивании применяется довольно большое количество удобрений и средств борьбы с болезнями.





- Определение оптимальных режимов абляции различающихся по своей структуре свежих растительных образцов затруднено сложным характером взаимодействия излучения лазера с пробой.
- При использовании двухимпульсного лазера для анализа растительных образцов процессы пробоподготовки и анализа могут быть объединены в едином цикле.





- Проведены исследования образцов при различных энергиях лазерных импульсов (30-50 мДж) и временных интервалах между ними (0-20 мкс).
- В качестве примера на рис. 1 приведены спектры образцов томатов с различным содержанием хлорокиси меди на поверхности в области плодоножки (а и б) и рядом (в). Образцы подготовлены следующим образом: а - тщательно вымытый дистиллированной водой, б и в – с нанесенной и затем высушенной путем естественного испарения микрокапель (2 мкл) раствора хлора окиси меди (концентрация меди 0,1%, близкая к используемой на практике).



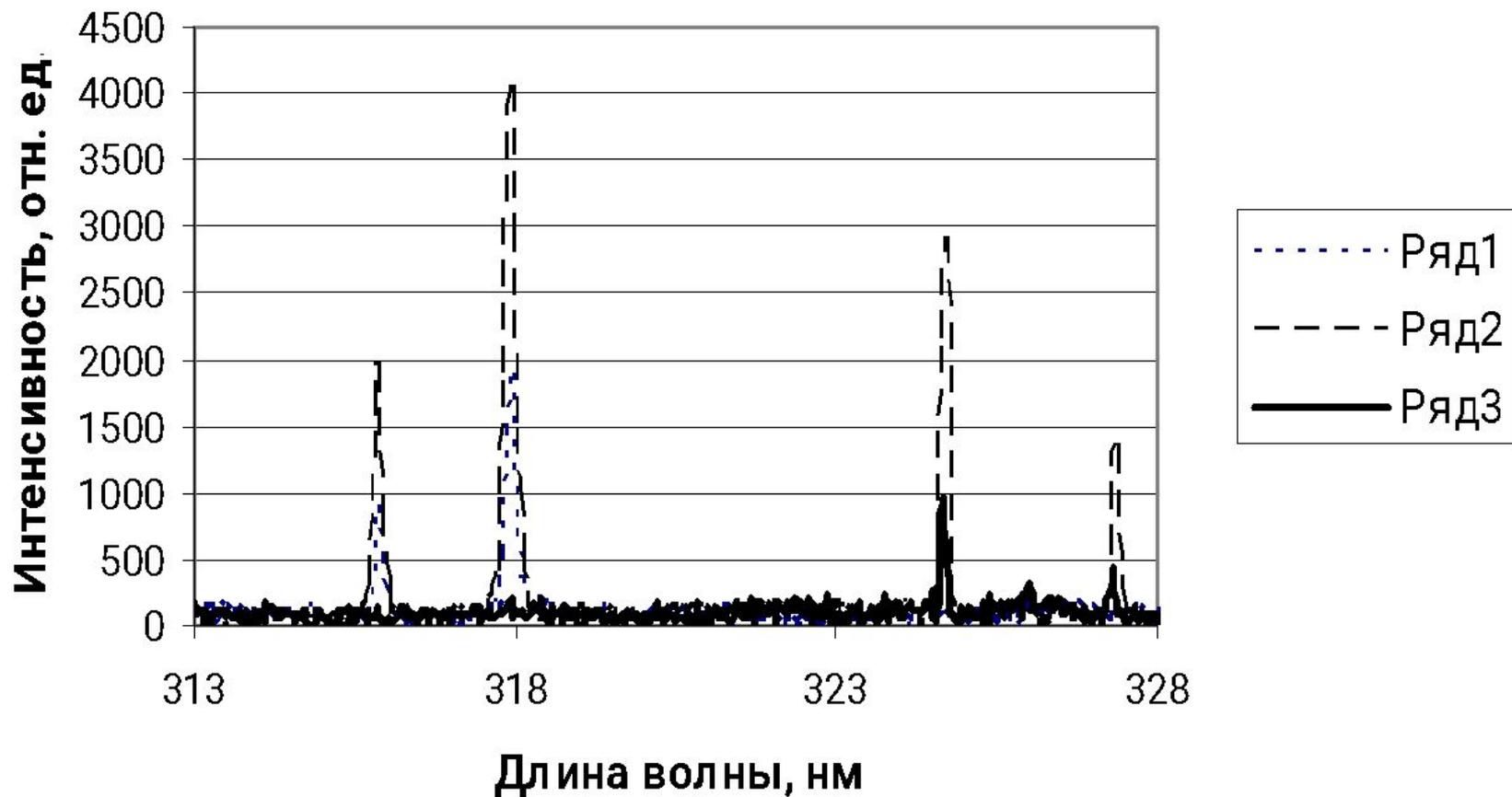


Рис. 1. Спектр образцов томатов при временном интервале между сдвоенными импульсами 8 мкс и энергии 50 мДж





- Как видно из приведенного спектра наиболее сильными линиями в спектрах всех образцов являются ионные линии Ca II ( $\lambda = 393,367$  нм,  $\lambda = 396,847$  нм). Несколько менее сильными, в спектрах образцов *б* и *в*, проявляются линии Cu ( $\lambda = 324,754$  нм,  $\lambda = 327,396$  нм). В спектре образца *а* интенсивность линий меди близка к фоновой.
- В других областях спектров образцов проявляются интенсивные линии макроэлементов Na ( $\lambda = 588,955$  нм,  $\lambda = 589,592$  нм), K ( $\lambda = 766,491$  нм,  $\lambda = 769,898$  нм), Mg II ( $\lambda = 279,553$  нм,  $\lambda = 280,270$  нм).
- Следует отметить, что общее количество определяемого элемента мало. Так при диаметре отверстия порядка 100 мкм общее количество выброшенного в пароплазменное облако Ca, Mg, Cu будет примерно равно 10-10 грамма.





Для исследования процессов возможного накопления металлов из растворов, нанесенных на поверхность, во внутренних слоях овощей разработана методика послойного определения элементного состава пробы. На рис. 2 приведены послойные спектры образца 1б для линий меди. Толщина снимаемого слоя (1-20 мкм) регулировалась изменением плотности мощности падающей на образец путем расфокусировки пучка.

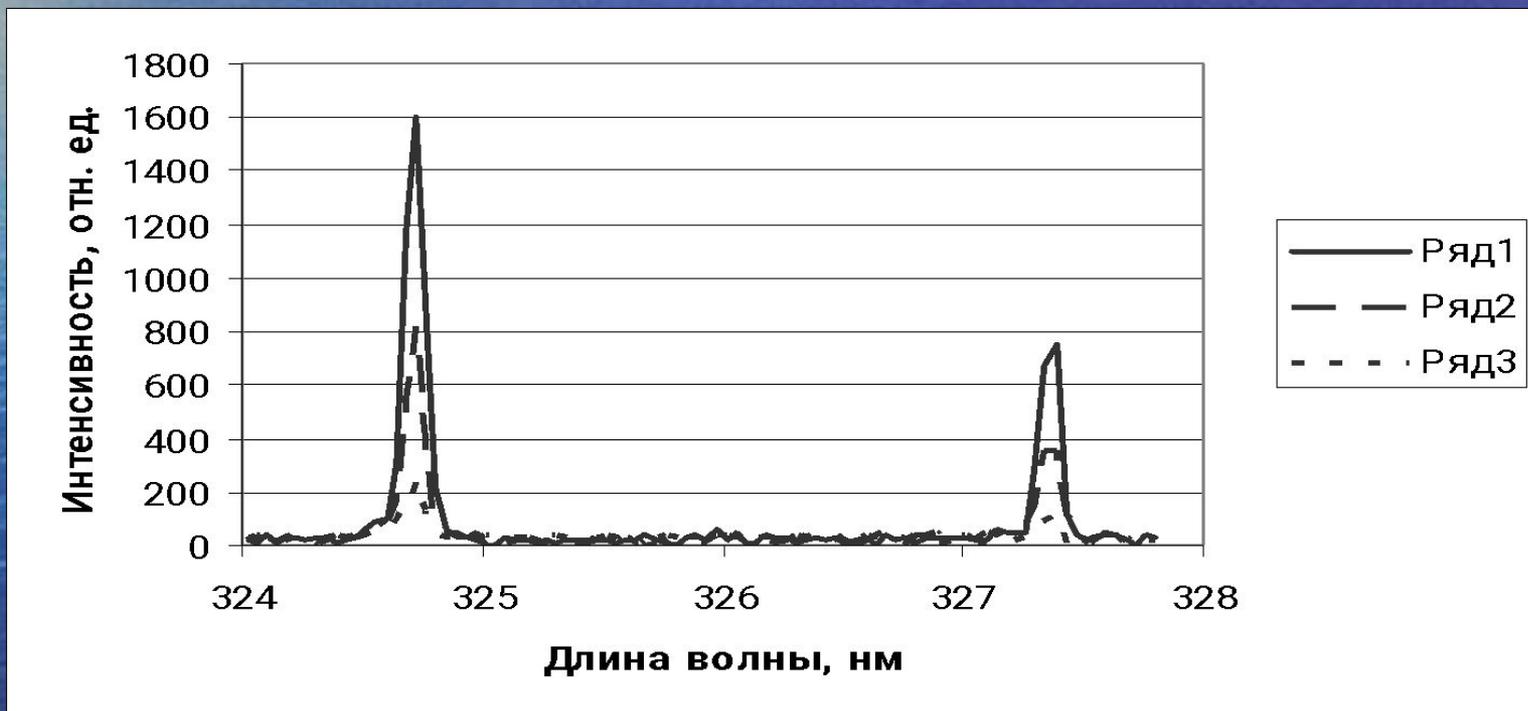


Рис. 2. Послойные спектры образца 1б для линий меди.





- Из приведенных спектров видно, что определенное количество меди за время сушки (примерно 1 час) диффундирует через поверхность томата вглубь.
- Полученные результаты на качественном уровне можно объяснить следующим образом. Вблизи поверхности образца с сухим остатком солей содержащих в качестве компонентов металлы, пробой эрозионного факела эрозионных металлических атомарных паров, нанокластеров происходит при небольшом превышении интенсивности лазерного излучения над значением, необходимым для образования факела.





- Исследование процессов поступления элементов с поверхности пористых тел показало, что природа подобных процессов связана как с отличием физико-химических свойств элементов, так и взаимодействием лазерных импульсов на поверхности и в объеме пористого тела.
- Практически все биологические объекты (растительные продукты, мясные и рыбные продукты) представляют собой пористые тела, с различным размером пор.



# Заключение

- Выполненные спектроскопические исследования приповерхностной лазерной плазмы, образуемой вблизи поверхности пористого тела, при воздействии на нее двух последовательных импульсов показали возможность определения содержания элементов как на поверхности, так в жидкостях с хорошей чувствительностью. Определены параметры установки, обеспечивающие возможность получения максимальной интенсивности линий ряда макро- и микроэлементов.
- Это может иметь значение не только для развития методов лазерной атомно-эмиссионной многоканальной спектрометрии плодов и овощей, но и для развития методов экспресс-анализа других подобных объектов.





**Спасибо  
за внимание!**

