

## Методы электронной оптики для изучения результатов воздействия антропогенных факторов на биологические объекты

© 2011. В. И. Жаворонков, д.т.н., профессор, В. Ю. Захаров, д.х.н., профессор, Е. Н. Резник, к.б.н., доцент, Д. В. Сабашный, студент, Вятский государственный гуманитарный университет, e-mail: ecolab2@gmail.ru

Исследована возможность применения электронно-оптических методов для изучения влияния экологических антропогенных факторов на состояние биологических объектов. Применение электронно-оптических преобразователей и цифровых фото- и видеокамер в сочетании с компьютерной обработкой изображений позволяет произвести визуализацию изменений интенсивности излучения, исследовать кинетику процессов. Сделан вывод о перспективности применения электронно-оптических методов для изучения состояния биологических объектов.

The possibility of using electronic-optic methods for studying the results of anthropogenic impact on biological objects is considered. Using electronic-optic converters and digital photo-cameras with the following computer processing of the images makes it possible to visualize the changes of radiation intensity and to investigate the kinetics of the processes. It was concluded that electronic-optic methods are useful for studying the state of biological objects.

Ключевые слова: электронно-оптические методы, антропогенные экологические факторы, хемилюминесценция

Key words: electronic-optic methods, anthropogenic ecological factors, chemiluminescence

В лаборатории функциональной электроники Вятского государственного гуманитарного университета в течение ряда лет разрабатываются методы регистрации сверхслабого излучения. Это излучение сопровождает все биологические процессы в природных объектах, несёт важную информацию о состоянии живых организмов и, по мнению многих исследователей, непосредственно вовлечено в регуляцию функционирования живых организмов. Характеристики излучения зависят от антропогенных экологических факторов [1, 2].

В связи с этим работы, посвящённые разработке методов регистрации излучения живых организмов, приобретают важное научное и прикладное значение.

Цель нашей работы – оценить возможность применения электронно-оптических методов воздействия антропогенных факторов на биологические объекты.

Для изучения ответных реакций биологических объектов на действие антропогенных факторов была создана экспериментальная установка, использующая в качестве фотоприёмника высокочувствительный электронно-оптический преобразователь (ЭОП) изображения. Применение ЭОП позволяет регистрировать пространственное распределение интенсивности излучения биологического объекта

в реальном масштабе времени, что даёт принципиально новые возможности для исследования живых организмов.

Установка была апробирована для исследования флуоресценции хлорофилла. Получив пространственное изображение флуоресценции, можно выделить, например, по площади листа, зоны, где активно протекает фотосинтез, определять содержание люминесцирующих пигментов в разных частях растений. Особенно широкие возможности может дать изучение полученных электронных изображений с использованием компьютерной техники [3, 4].

Современные цифровые фото- и видеокамеры по ряду параметров не уступают ЭОП. Применение в качестве электронно-оптических детекторов цифровых фотоаппаратов в сочетании с компьютерной обработкой изображений позволяет успешно исследовать спектры диффузного отражения. При этом метрологические характеристики результатов анализа не уступают определениям, полученным при помощи специализированных спектроскопических аналитических приборов [5].

Нами была исследована возможность применения цифровой фотографии для качественной оценки влияния антропогенных факторов на спектр диффузного отражения листа растения.

Эксперимент проводили в условиях модельного лабораторного опыта. Объектами исследования являлись проростки ячменя сорта Новичок. Проростки выращивали в водной культуре в течение 7 суток. За сутки до эксперимента в среду выращивания добавляли модельные токсиканты: раствор ацетата свинца (10000 ПДК по свинцу) и нефтяную эмульсию (содержание нефти 0,01 г/100 мл). Контроль – дистиллированная вода.

Из каждого варианта случайным образом отбирали три проростка. Участки листьев фотографировали при помощи компактной цифровой фотокамеры Canon. Камера располагалась параллельно поверхности листа растения на расстоянии 10 см. Для каждого из проростков получено по три увеличенных в 24 раза изображения участков поверхности листа размерами 4,17×6,25 мм.

Для выявления различий между вариантами изображения использовали программу «Фотопшоп 7.0». По гистограммам яркости в красном, зелёном и синем каналах для вариантов опытов рассчитывали средние значения следующих показателей гистограмм яркости:

- Mean (среднее) – показывает усреднённое значение интенсивности;
- Standard deviation (Std Dev) (стандартное отклонение) – показывает, как величина интенсивности изменяется в различных точках, фактически характеризует степень разброса значений яркостей пикселей;
- Median (медиана) – показывает среднюю величину в пределах значений интенсивности.

Сравнение гистограмм показало, что показатель Std Dev по красному и зелёному каналам достоверно увеличивается при воздействии на проростки ячменя антропогенных факторов: внесения в питательную среду соединений свинца и нефтепродуктов.

Вероятной причиной зависимости показателя Std Dev от загрязнения питательной среды может являться увеличение пространственной неоднородности в локализации пигментов листьев, вызванное неблагоприятным воздействием исследованных факторов на развитие растения.

Для выявления влияния антропогенных факторов представляется перспективным исследовать кинетику процесса люминесценции биологического объекта. С этой целью мы проводили видеосъёмку экрана ЭОП.

В качестве модельной хемилюминесцентной системы применяли раствор индолилук-

сусной кислоты. Для приготовления рабочего раствора использовали фосфатный буфер 0,01 моль/л, pH 7,4. Буферный раствор, содержащий индолилуксусную кислоту в концентрации  $10^{-3}$  моль/л, облучали при помощи фотовспышек различной мощности в течение 2 с. После этого регистрировали хемилюминесценцию раствора с помощью ЭОП.

Автосенсибилизированная хемилюминесценция индолилуксусной кислоты регистрировалась в течение примерно 4 с. Интенсивность хемилюминесценции зависела от мощности вспышки и спадала со временем по экспоненциальному закону. Проведённые исследования показали перспективность применения ЭОП в сочетании с видеосъёмкой при изучении хемилюминесцентных систем.

Разработанные методики исследования биологических объектов при помощи электронно-оптических приборов могут быть использованы при проведении экологических исследований. Они не требуют длительной предварительной подготовки и позволяют в короткие сроки получить объективную информацию. При помощи этих методик можно изучать характеристики фотосинтеза высших и низших растений, фитопланктона, исследовать влияние абиотических и антропогенных факторов на состояние высших растений при проведении экологического мониторинга.

## Литература

1. Францев В.В. Люминесцентные показатели листьев растений в зависимости от антропогенных экологических факторов: Автореф. дис. ... канд. физ.-мат. наук. Москва: МГУ им М. В. Ломоносова, 2006. 22 с.
2. Жаворонков В.И., Рясик И.О. Метод электронно-оптической регистрации сверхслабых излучений биологических объектов // Конгресс по газоразрядной визуализации биоэлектрографии: Тезисы докл. VI Междунар. науч. конгресса. Санкт-Петербург. 2002. С. 76–77.
3. Жаворонков В.И., Зыкина Н.А., Резник Е.Н. Наблюдение флуоресценции хлорофилла с использованием электронно-оптического преобразователя // Вестник Вятского государственного педагогического университета. 2001. № 5. С. 22–23.
4. Жаворонков В.И., Жаворонков С.И., Резник Е.Н. Регистрация пространственного распределения интенсивности хлорофилла // Водные экосистемы и организмы: Матер. науч. конф. Москва: МАКС Пресс, 2001. С. 60.
5. Апяри В.В., Дмитриенко С.Г. Применение цифрового фотоаппарата и компьютерной обработки данных для определения органических веществ с использованием диазотированного пенополиуретана // Журнал аналитической химии. 2008. Т. 63. № 6. С. 581–588.