

**СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКИЕ
ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ
ОЦЕНКИ ПИГМЕНТНО-
КОМПОНЕНТНОГО СОСТАВА В
ПРИРОДНОЙ ВОДНОЙ СРЕДЕ.
ТРЕБОВАНИЯ К ТОЧНОСТНЫМ
ХАРАКТЕРИСТИКАМ**

А.А. Латушкин

Морской гидрофизический институт
НАН Украины
г. Севастополь, ул. Капитанская, 2
E-mail: sevsalat@rambler.ru

В статье приводятся результаты тестирования излучающих элементов при изменении токовой и температурной характеристик.

Изучение фитопланктона представляет значительный интерес из-за его большого значения в биологической продуктивности Мирового океана. Он составляет основу жизни в море, преобразуя солнечную энергию в органические вещества в процессе фотосинтеза. О физиологическом состоянии фитопланктона и биопродуктивности района можно судить по соотношениям между различными пигментами.

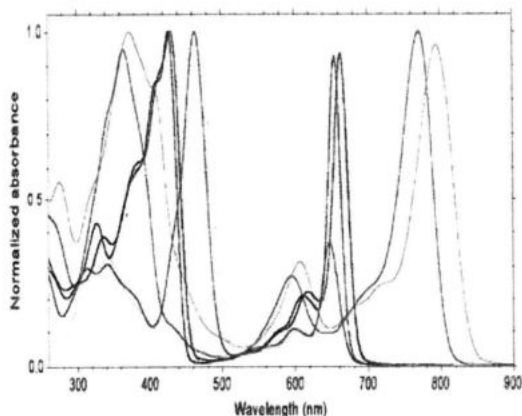
Наряду с прямыми методами измерения концентрации пигментов фитопланктона и продуктов его разложения, которые являются методами *in vitro*, трудоемкими и не поддающимися автоматизации измерений существуют методы *in situ*, основанные на оптических принципах измерения - флуоресцентном и спектрофотометрическом. Флуоресцентный метод получил наибольшее развитие благодаря высокой чувствительности, однако недостатки метода является то, что измерение флуоресценции зависит от скорости поглощения квантов света пигментом и от скорости люминесценции. Оба этих фактора меняются в зависимости от света и питательных условий, а эффективность флуоресценции может варьироваться в достаточно больших пределах, это значительно снижает объективность полученных данных. Спектрофотометрический метод более объективный, однако к инструментальным средст-

вам, основанным на этом принципе предъявляются высокие требования [1]. Спектрофотометрическое направление исследования пигментного состава фитопланктона в настоящее время в мире активно развивается, ведущими компаниями создаются новые инструментальные средства, совершенствуются методики и алгоритмы.

Алгоритмы восстановления пигментного состава фитопланктона с использованием спектральных характеристик ослабления и поглощения света предъявляют высокие требования к стабильности и спектральному разрешению инструментальных средств. Измерительное средство представляется оптико-электронной системой интегральная стабильность которой определяется либо совокупной стабильностью каждого из элементов системы, либо интегральной стабильностью с учетом стабилизации системы по образцовым стандартам. В связи с этим, при создании спектральных измерителей коэффициентов ослабления и поглощения света, задача складывается из двух основных направлений – обеспечение алгоритмического решения спектрофотометрической задачи (на основе выбора информативных участков спектральной характеристики), а так же особое внимание должно уделяться как соответствию алгоритму преобразования и устойчивости системы в целом, так и стабильности ее на каждом этапе преобразования. Известно, что восстановление концентрации фитопланктона связано с коэффициентами ослабления и поглощения света зависимостью: 1 мкг/л ориентировочно соответствует $0,015 \text{ м}^{-1}$ [2]. Для оценки биопродуктивности и решения биофизических задач в естественной водной среде точность определения концентрации фитопланктона должна соответствовать не менее 0,1 мкг/л. Соответственно, точность определения коэффициентов поглощения и ослабления света должна быть $0,001 \text{ м}^{-1}$.

Для точности определения коэффициентов ослабления света при использовании дифференциальных методов измерения (т.е. методов, основанных на применении двухлучевой оптической схе-

мы) нужно уделять особое внимание как общим дестабилизирующим факторам, т.е. неустойчивости у источника освещения, фотоприемника, так и особенностям, обусловленных неустойчивостями излучающих элементов, а именно изменению их спектральных свойств, при изменении дестабилизирующих факторов (температуры, временные факторы и т.д.). Измерительная система должна подразумевать стабилизацию, которая даст возможность повысить на порядки обычную точность измерения коэффициента ослабления света, которая в настоящее время соответствует от 0,1 до 0,005 м⁻¹. Также важным является обеспечить спектральную стабильность, так как спектры (пигментных составов) фитопланктонных сообществ имеют сильную спектральную изменчивость и для некоторых пигментов максимумы поглощения расположены близко друг к другу, что продемонстрировано на рис.1. Следовательно, смещение длины волны излучающего элемента в процессе исследований может значительно повлиять на достоверность полученных результатов при их анализе.



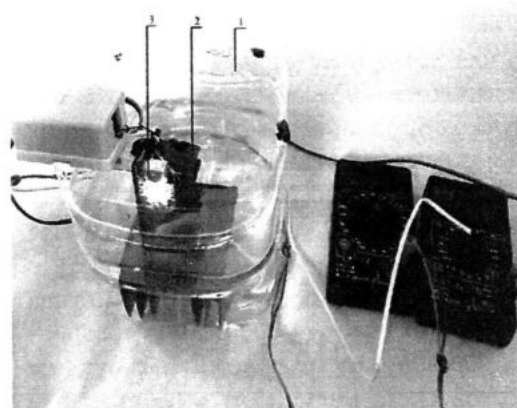
Р и с. 1. Нормированные спектры поглощения различными пигментами

Применение в спектральном измерителе ослабления света, разработанном в отделе оптики МГИ НАН Украины [3], 4-х спектральных излучающих элементов потребовало проведение исследования изучения по каждому излучателю их стабильности (энергетической и спектрофотометрической) при воздействии дестабилизирующих факторов. При этом основными является исследование стабильности не только спектральной

характеристики излучающих элементов, но и ее энергетических величин при изменении температурной и токовой характеристики. Исследования направлены на получение данных для выбора не только оптимальных режимов, определения требования к их термостатированию, но и алгоритмическому построению структуры измерителя на основе спектральных вариаций каналов. Эксперимент проводился над четырехцветным светодиодом фирмы LedEngin, который используется в вышеупомянутом измерителе ослабления света. Конструктивно светодиод выполнен в виде подложки, на которой расположены четыре светоизлучающих чипа на расстоянии 0,25 мм друг от друга (рис. 1).

Для выполнения этих работ была разработана специальная экспериментальная установка, обеспечивающая термостатирование излучателей (рис. 2).

В термостат 1, температура в котором обеспечивается водной средой – от +2°C (шуга) до +55°C, помещен радиатор 2, на надводной части которого расположена площадка со светоизлучателем 3. На площадке светоизлучателя находится датчик температуры, контролирующий температуру излучателя. Регистрация токового режима излучателей и его температуры производится непрерывно.

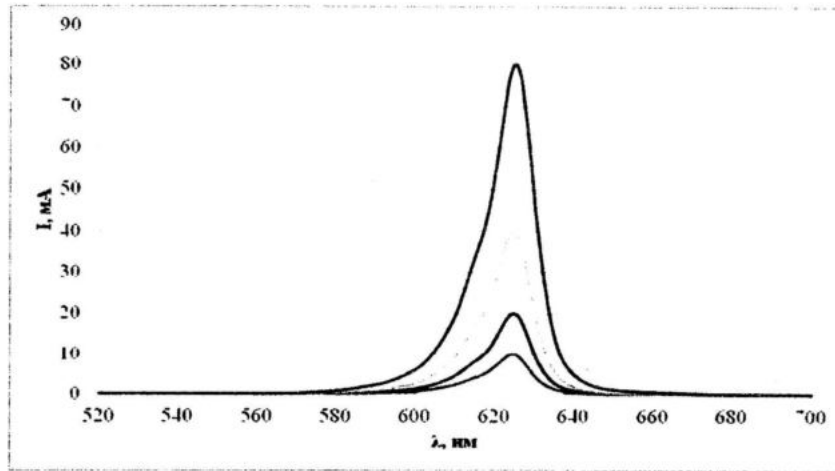


Р и с. 2. Установка для исследования спектральных особенностей светодиодов

Исследования проводились поочередно над каждым из чипов. Диапазон изменения постоянного тока был выбран от 10 мА до 80 мА, а температурный – от 8°C до 50°C.

Результаты измерений показали, что при увеличении, либо уменьшении постоянного тока для каждого из светодиодов, спектральной изменчивости не наблюдается, меняется лишь интенсив-

ность светового потока. На рис. 3 показана спектральная изменчивость при изменении силы тока, измеренная при свечении красного светодиода.

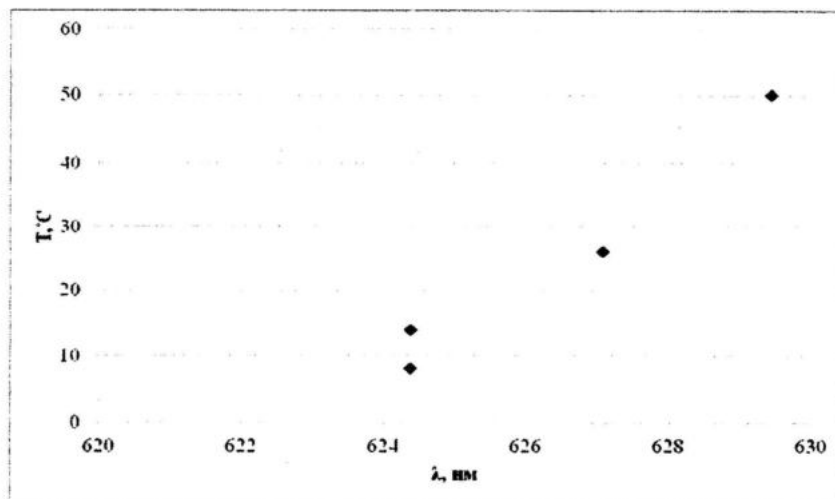


Р и с. 3. Зависимость силы тока от длины волны для красного светодиода при температуре 8°C

Дальнейший эксперимент проводился для выяснения влияния температуры на спектральные свойства излучателей.

В результате эксперимента было выявлено, что при увеличении температуры излучателя его спектральная харак-

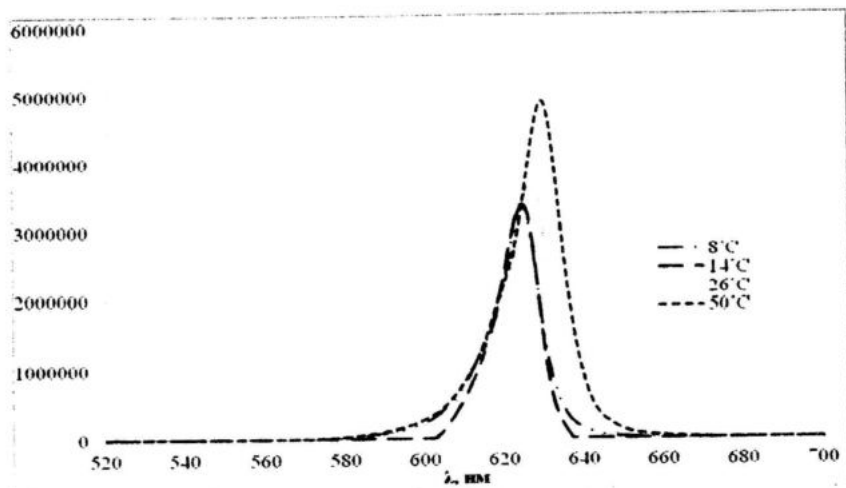
теристика смещается в длинноволновую область. На рис. 4 показано смещение максимума излучения для красного светодиода на 5 нм при изменении температуры кристалла.



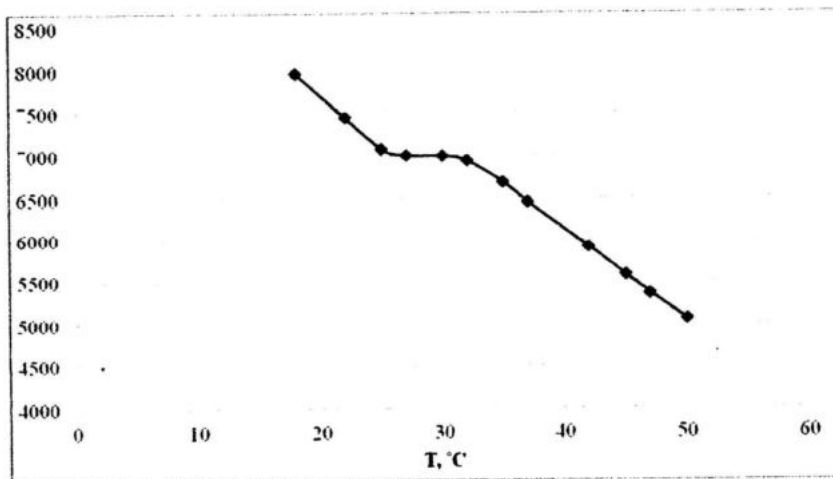
Р и с. 4. Спектральное смещение максимума излучения красного светодиода при изменении температуры

Также было обнаружено, что изменение температуры влияет и на интенсивность светового потока. Увеличение температуры с 8°C до 50°C вызывает

увеличение сигнала примерно на 35% (рис. 5). Однако следует отметить, что в диапазоне 25-32°C наблюдается стабильный участок характеристики (рис. 6).



Р и с. 5. Зависимость значения сигнала от длины волны для красного светодиода при различных значениях температуры



Р и с. 6. Зависимость значения сигнала от температуры для красного светодиода

Заключение. Отмечается некоторая вариация изменчивости спектральных характеристик при воздействии дестабилизирующих факторов между светоизлучающими элементами.

Проведенные исследования подтвердили возможность применения светоизлучающих элементов в спектрофотометрических измерителях при условии учета спектральной вариации и изменения энергетических характеристик. Для повышения технических характеристик спектрофотометрических инструментальных средств должны быть учтены нестабильности фотоизлучающих и фотоприемных элементов алгоритмически и схемотехнически.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Mueller James L. and Roswell W. Austin, 1992: SeaWiFS Technical Report Series, Volume 5, Ocean Optics Protocols for SeaWiFS Validation, – 44pp.
2. C. Moore, J. Ronald, V. Zaneveld. In situ chlorophyll absorption meter // United States Patent, N:5.424.840, Jun 13, 1995
3. M.E. Lee, A.A. Latushkin, O.V. Martynov. Application of light-emitting diodes for accurate measurements of light beam attenuation of natural and artificial media // Current problems in optics of natural waters (ONW 2011) – Saint-Petersburg: Nauka, 2011. – P. 279 – 281.