

УДК 53.082.52

ПРИБОР ДЛЯ ПОДВОДНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ УФ-ОБЛУЧЕННОСТИ ВОДНЫХ СРЕД PIONDEER Борисовец А.Д., Дёмин В.С.

Учреждение БГУ «Национальный научно-исследовательский центр мониторинга озоносферы»
Минск, Республика Беларусь

Введение. Мировой опыт исследования влияния УФ-излучения на морские и пресноводные экосистемы позволяет считать, что в случае изменения интенсивности солнечного УФ-излучения будут нарушены многие механизмы функционирования водных экосистем, что неизбежно приведет к отрицательным последствиям, как в локальном, так и в глобальном масштабе [1]. Изменение интенсивности солнечного УФ-излучения, вызванное атмосферными факторами, такими, как разрушение озонового слоя, возникновение озоновых аномалий, увеличение количества аэрозолей или присутствие в атмосфере увеличенного облачного покрова, влияет на количество УФ-излучения в воде. Также стоит учитывать, что определенные компоненты, содержащиеся в воде, могут сильно поглощать ультрафиолетовое излучение, например, растворенное органическое вещество или гуминовые вещества. Изменённое воздействие УФ-излучения скажется на росте и размножении водных организмов, например, УФ-излучение способствует уничтожению бактериальной микрофлоры, что, в свою очередь, отражается на продуктивности водных экосистем и выходе полезного для человека продукта. Географическая и сезонная изменчивость проникновения УФ-излучения также имеет важное экологическое и производственное значение. Таким образом, можно говорить об актуальности дальнейших углубленных исследований влияния УФ-излучения на водные экосистемы разных типов.

Цель. Целью работы являлось конструирование погружного прибора для измерений УФ-излучения на глубинах до 50 м и проведение испытаний. Использование прибора предполагалось в водных средах озёр Нарочанской группы, а также в полярных регионах. Разработкой приборов данного типа в мире занимается несколько компаний, например, Biospherical Instruments Inc. [2].

Конструкция прибора. В 2012 году в Национальном научно-исследовательском центре мониторинга озоносферы БГУ в рамках ГПНИ «Природно-ресурсный потенциал 3.01» были разработаны технические требования к погружной системе и ее конструкция, а также изготовлен экспериментальный образец погружного прибора. PionDeer представляет собой ультрафиолетовый радиометр и предназначен для исследования вариаций ультрафиолетового излучения в водном слое на глубинах до 50 м.

Включает в себя погружную и надводную часть, одновременные результаты измерения которых накапливаются на карте памяти (SD). Для оперативной оценки результатов предусмотрен также вывод результатов текущих значений уровней УФ-излучения на цифровой дисплей. Надводный модуль служит для обмена данными с подводным блоком, сбора и сохранения результатов измерений. В состав электронной части входит GSM модуль SIM868 для определения координат и фиксации точки проведения измерений. Внешняя передача данных, настройка прибора и визуализация процесса измерения происходит при помощи приложения на смартфоне или планшете через интерфейс Bluetooth 4.0. Герметичность модуля обеспечивается пятью уплотнительными кольцами в верхней и нижней крышках корпуса. В качестве входного объектива излучения для погружной части прибора был выбран широкоугольный кварцевый объектив типа «рыбий глаз» с косинусной характеристикой чувствительности. Кварцевая линза герметично фиксируется в корпусе, в котором для коррекции угловой характеристики чувствительности предусмотрена возможность установки тефлоновых рассеивателей и фильтровых насадок. Конструкция объектива позволяет измерять как мощность солнечного излучения на различных глубинах, так и прозрачность водного слоя в диапазоне 285–400 нм. Дополнительное использование фильтровых насадок позволяет ограничить диапазон биологически активным УФ-Б излучением (285–315 нм). В качестве фотодетектора используется солнечно-слепой фотоэлектронный умножитель ФЭУ-142. Для передачи данных от погружного модуля к надводному используется катушка с кабелем. В прибор также установлен ряд дополнительных датчиков: датчик температуры воды, датчик давления глубины, датчик протечки корпуса. Внешний вид надводной части прибора PionDeer представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Внешний вид надводной части

Внешний вид погружной части прибора PionDeer представлена на рисунке 2.



Рисунок 2 – Внешний вид погружной части

Испытания. В процессе лабораторных испытаний погружная часть прибора проверялась на герметичность с использованием стальной герметичной камеры, заполненной водой, в которую помещался погружной модуль. При помощи компрессора внутри испытательного объёма создавалось избыточное давление в 5 атм., что соответствует глубине погружения до 50 м. По результатам проведенных испытаний можно утверждать, что погружной модуль полностью герметичен и выдерживает давление на требуемых глубинах. В сентябре 2013 г. были проведены натурные испытания прибора. Основная цель испытаний заключалась в проверке работоспособности прибора в реальных условиях, проверке чувствительности прибора к УФ-излучению на разных глубинах, герметичности и надежности конструкции. По результатам натурных испытаний прибора можно заключить, что чувствительности прибора более чем достаточно, чтобы измерять уровни УФ-излучения под водой, герметичность прибора не нарушается, а конструкция прибора надежна. Важно отметить, что результаты, полученные во время натурных испытаний, свидетельствовали о наличии вполне регистрируемых интенсивностей УФ-излучения на достаточно больших глубинах, что стимулировало дальнейшие исследования.

Исследования. С 2014 г. проводятся регулярные измерения уровней УФ-облученности озёр Нарочанской группы с использованием прибора PionDeer [3]. PionDeer будет задействован в исследованиях в рамках 13-й Белорусской Антарктической экспедиции.

Модернизация. В 2020 году был произведен ряд доработок прибора PionDeer. Был внедрён датчик для измерения концентрации растворенного в воде кислорода одновременно с измерениями УФ облученности. Необходимость в данных измерениях объясняется тем, что большинство химических и биологических процессов влияют на содержание растворенного в воде кислорода. Уровень растворенного кислорода в воде имеет важное значение для комплексной оценки его экологического состояния. Были пересмотрены и улучшены методы герметизации погружной части, что позволило увеличить максимальную глубину погружения с 30 до 50 метров, время автономной работы прибора с 4 до 10 часов. После произошедших изменений прибор вновь прошёл лабораторные испытания. Основные характеристики PionDeer представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные характеристики PionDeer

Напряжение питания, В	10–15
Потребляемая мощность, Вт	10
Время непрерывной работы, ч	10
Глубина погружения, м	До 50
Ошибка определения глубины, см	±5
Спектральный диапазон, нм	285–400 (285–315)
Скорость передачи данных, кбит/с	500
Масса с катушкой и кабелем, кг	15,7
Линейные размеры, см	24×24×52
Рабочий диапазон температур, °С	от –15 до 50

Выводы. В НИИЦ МО БГУ был сконструирован прибор для измерений УФ-излучения на глубинах до 50 м. Прибор прошёл лабораторные и натурные испытания. С 2014 г. с использованием PionDeer проводились измерения уровней УФ-облученности озёр Нарочанской группы. В 2020 году была проведена модернизация с целью увеличения числа исследований, возможных для проведения с использованием PionDeer.

Литература

1. Kjeldstad B. (2006) Underwater Radiation Measurements: Consequences of an Increased UV-B Radiation. In: Ghetti F., Checcucci G., Bornman J.F. (eds) Environmental UV Radiation: Impact on Ecosystems and Human Health and Predictive Models. Nato Science Series: IV: Earth and Environmental Sciences, vol 57. Springer, Dordrecht.
2. Biospherical Instruments Inc.: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://biospherical.com>. – Дата доступа: 20.09.2020.
3. Результаты измерений уровней УФ-облученности поверхности и водной среды озер Нарочанской группы. / Л.Н. Турышев [и др.] // Бюллетень экологического состояния озер Нарочь, Мясоты, Баторино. – 2018. – С. 70–87.