

ХАРАКТЕР ИЗМЕНЧИВОСТИ СПЕКТРАЛЬНЫХ ИНДЕКСОВ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОСЛАБЛЕНИЯ ИЗЛУЧЕНИЯ В ЧЁРНОМ МОРЕ

Ю.А. Прохоренко, А.С. Кукушкин

Морской гидрофизический институт
НАН Украины
г. Севастополь, ул. Капитанская, 2
E-mail: oooi@alpha.mhi.iuf.net

На основе полученных «in situ» данных измерений многоканальными прозрачномерами выявлены и рассмотрены новые спектральные особенности вертикального распределения оптических свойств вод Чёрного моря.

Введение. Известно, что для оценок отличий формы спектров удобно использовать их отдельные спектральные значения или отношения в определённых участках - спектральные индексы. Этими индексами можно оценивать различные, в том числе слабо проявляющиеся, особенности спектров веществ, в частности природных вод. Такой индекс (отношение двух спектральных показателей ослабления излучения) успешно применялся для выделения спектральных различий в очень прозрачных и однородных океанских водах. Такие особенности, возникшие в процессе длительного осаждения, с динамичным изменением их залегания, под воздействием вихревых движений в «рингах» Саргассова моря, проявляют следы вертикальных перемещений водных масс [1]. Выделение спектральных особенностей можно продуктивно использовать для анализа перемещения примесей и в более стратифицированных водах.

Отношения спектральных показателей ослабления далее условимся называть индексами спектра показателя ослабления излучения (ИС ПОИ). Для эффективного анализа один из выбираемых для ИС ПОИ спектральных участков должен относиться к области изменчивости, другой - к области стабильного поведения спектра в пределах проводимых оценок. В таком случае можно ожидать, что вертикальное распределение ИС ПОИ отразит подробности спектральных отклонений и менее заметно будет выражена зависимость от нейтральных примесей.

Спектральные свойства ослабления излучения природными водами. Спектры ПОИ водой в видимой области можно измерять в любое время суток по всей толще океана. Подробные спектральные измерения

ПОИ в морских водах долгое время проводились только на пробах лабораторными измерителями. Следует заметить, что им свойственны существенные методические погрешности. Это связано с изменениями состояния воды в пробах.

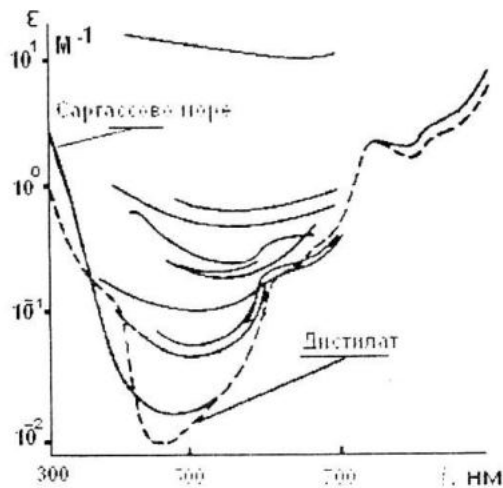


Рисунок 1 – Спектры ПОИ в очищенных и природных водах

Спектры ПОИ в различных водах можно сравнить по рисунку 1, из [2]. В очищенных (дистилат) и чистых природных водах (например, в Саргассовом море) наибольшая прозрачность наблюдается для синего света (около 470–480 нм). В природных водах с ростом уровня значений ПОИ на три порядка, селективность уменьшается – ослабление излучения становится слабо зависимым от длины волны. Таковы ПОИ в прибрежных районах, где воды насыщены разнообразными минеральными и органическими взвешями. Воды срединных районов морей и океанов содержат гораздо меньше примесей, а селективность ПОИ там более значительна.

Полученные на лабораторном приборе спектры показателей ослабления черноморских вод для различных частей вертикального профиля показаны на рисунке 2 [3]. Форма кривых мало меняется, особенно в длинноволновой части спектра (550–700 нм). Известно, что оптические неоднородности вертикальной структуры черноморских вод более заметно проявляются в коротковолновой части видимого спектра. С ростом длины волны контраст их выделения снижается. Поэтому в спектральном индексе для Чёрного моря изменчивый участок следует выбирать в области самых малых длин волн. Выбор стабильного второго, длинноволнового участка, менее критичен.

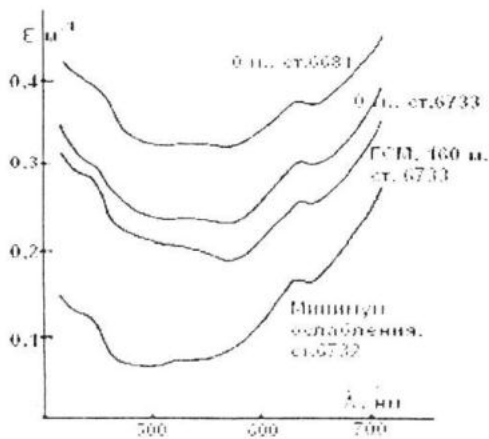


Рисунок 2 – Спектры показателей ослабления излучения в Чёрном море, 54 рейс «Михаил Ломоносов», декабрь 1991 года.

У многоканальных прозрачномеров "in situ" методические погрешности спектральных определений существенно меньше, чем у лабораторных измерителей. Применение многоканальных измерителей сделало спектральные определения ПОИ более точными и массовыми.

Описание экспериментальных данных и их анализ. По данным измерений в северной части моря, южнее Крыма в 30 и 33 рейсов НИС "Профессор Колесников" (апрель 1993-го и март-апрель 1995-го года) исследован вертикальный ход вычисленных ИС ПОИ.

Для удобства сравнений вертикальных распределений ПОИ с кривыми ИС ПОИ на графиках индексов шкалы их значений развёрнуты таким образом, чтобы кривые ИС ПОИ были подобны кривым ПОИ, т.е. имели минимум на графике. (Так мы его и будем называть, что не обязательно отвечает числовым значениям индекса).

В апреле 1993 года использовался многоканальный прибор АСП. Для ИС ПОИ. Из 7 возможных длин волн были выбраны участки 460 нм и 565 нм. По спектрам, построенным из имевшихся данных, с дискретностью около 25 см по глубине, выяснилось, что деформация спектральных кривых происходила между 460 и 586 нм и она была локализована у глубинного слоя мутности (ГСМ). Выбранный ИС ПОИ показал ослабленную чувствительность к значительным изменениям ПОИ в слоях мутности у поверхности. От поверхности и до горизонтов с наиболее прозрачными водами (над ГСМ) ИС ПОИ колебался между значениями 1,0–1,1 при полном диапазоне изменений во всём слое 0–300 м - 0,9–1,6. Основной минимум (экстремум)

распределений ИС ПОИ был около 0,9 и, как правило, совпадал с горизонтом самых прозрачных вод ПОИ для синего света (460 нм).

Таким образом, горизонт минимума ИС ПОИ разделял всю толщу зондирования на два оптических слоя с различным вертикальным ходом изменений. Верхний – от поверхности до минимума с колеблющимися значениями ИС ПОИ. Глубинный – с постепенным ростом профиля ИС ПОИ от минимума в глубину.

В апреле 1995 года использовался двухканальный фотометр комплексного прибора ОГХ. Исследовалось отношение ИС, вычисленное по ПОИ на участках 659 и 418 нм. Для каждого метра зондирования 68 станций (с глубинами зондирования от 40 до 1920 м на ст. № 6003), вычислены и построены профили ИС ПОИ.

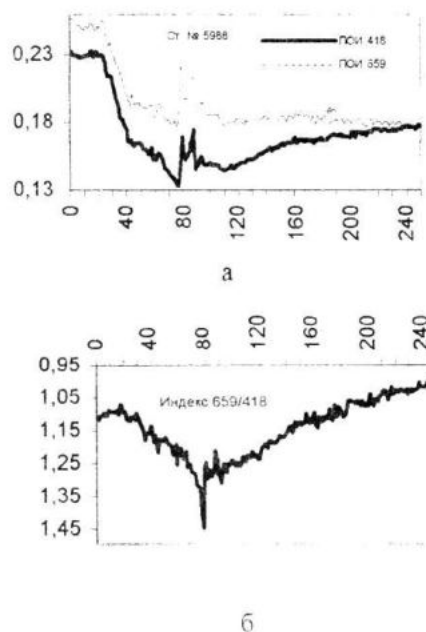


Рисунок 3 – а – ПОИ, б – ИС ПОИ на станции № 5988

На рисунке 3 а – показаны измеренные для 659 и 418 нм на станции № 5988 вертикальные профили ПОИ. Они близки к типичным для вод Чёрного моря. На рисунке 3 б – вычисленный профиль ИС ПОИ. Он напоминает профиль ПОИ для 418 нм. Однако, минимум (в слое прозрачных вод) на нём выделен гораздо резче, а ГСМ и мутные воды у поверхности, наоборот – слабее. Значения вертикальных градиентов на профиле ИС ПОИ от горизонта минимума к поверхности и в глубину более близки друг к другу, чем в профилях ПОИ. Диапазон изменения ИС

ПОИ в верхнем слое приблизительно такой же, как и в глубинном (от горизонта минимума до 250 м). Характер изменений профилей индексов 659/418 нм в верхнем слое отличался от индексов 460/565 нм в 1993 г. Там изменения были незначительны, а в 1995 году они были сравнимы с изменениями в глубинном слое. Тем не менее, в распределениях обоих ИС ПОИ сохранилось характерно чёткое различие – двухслойность вертикальной оптической структуры вод.

Разделяющий слой экстремум кривой ИС ПОИ хорошо выделялся на всех глубоководных станциях, даже если на них не обнаруживался ГСМ. В 1995 году, над верхней границей ГСМ, где он располагался на горизонте самых прозрачных вод, выделяющие его резкие изменения ИС ПОИ часто оказыва-

лись сравнимыми с диапазоном всех изменений ИС ПОИ от 0 до 250 м или даже превышали их.

Горизонт минимума ИС-ПОИ выделялся резко и в тех случаях, когда определить границу слоёв по профилям ПОИ было бы затруднительно. Например, когда ГСМ имеет структуру с несколькими максимумами. Экстремум ИС ПОИ и в таких случаях неизменно чётко проявлялся, указывая границу вертикального разделения оптических свойств. Такая особенность на профилях ИС ПОИ, всегда обнаруживающаяся на глубоководных станциях, играет роль чёткой оптической границы вод в Чёрном море. Поэтому её удобнее применять вместо максимума ГСМ, который имеется не везде.

Таблица – Характеристики изменчивости ИС ПОИ в апреле 1995 года

Характеристика \ Категория	Минимум профиля ИС ПОИ на станции	Максимум профиля ИС ПОИ на станции
Среднее значение	1,163	1,717
Ср. кв. отклонение	0,19	0,336
Максимальное значение	1,55	2,68
Минимальное значение	0,83	1,14
Кратность изменения значений	1,87	2,35

Для индексов 659/418 нм в апреле 1995 года определены основные статистические оценки распределения. Сделаны оценки положения обеих границ диапазона изменчивости значений индексов. Они приведены в таблице. Кратность изменения значений статистических характеристик ИС ПОИ почти в 2 раза превысила определённые для апреля 1993 года.

Заключение. Многоканальные зондирующие измерители позволяют оперативно проводить сравнение измеряемых спектральных значений ПОИ, что обеспечивает более эффективное использование результатов измерений.

Во всём исследованном диапазоне глубин, а не только в глубинном слое Чёрного моря, через два различных ИС ПОИ обнаруживаются характерные изменения формы спектра ПОИ.

На вертикальном распределении обоих ИС ПОИ, горизонтом с экстремальным значением ИС ПОИ обозначается разделение водной толщи Чёрного моря на два слоя.

Горизонт разделения слоёв совпадает с глу-

биной залегания самых прозрачных вод на профиле ПОИ.

Выявлены различия особенностей хода в зависимости от выбора длин волн для ИС ПОИ.

Выбор спектральных участков для ИС-ПОИ влияет на диапазон величин выделяющих определённые неоднородности ослабления. Это может быть использовано для выделения по этому свойству определённых примесей.

В Чёрном море, к югу от Крыма, определены количественные характеристики особенностей распределения двух различных ИС ПОИ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Б.А. Нелепо, М.В. Соловьёв, В.А. Урденко. Гидрооптические исследования мезомасштабного вихря в океане. – ДАН СССР, т. 238, №1, 1978. – С. 42–45.
2. А. Иванов. Введение в океанографию. «Мир», Москва, 1978. – 574 с.
3. Отчёт по 54 рейсу НИС «Михаил Ломоносов». Научные фонды МГИ, 1991 г.