

## Желтое вещество в поверхностных водах восточной части Тропической Атлантики

© 2015 В.И. Маньковский

*Морской гидрофизический институт РАН, Севастополь, Россия*

*E-mail: emankovskaya@mail.ru*

Поступила в редакцию 14.07.2014 г. После доработки 19.11.2014 г.

Разработан метод определения показателя поглощения света желтым веществом в океанических водах по измерениям показателя ослабления направленного света в пробах воды, очищенной от взвеси путем фильтрования. Рассчитана концентрация желтого вещества в поверхностных водах на полигоне, располагавшемся в восточной части тропической зоны Атлантического океана. В восточной части полигона концентрация желтого вещества была больше, чем в западной, что объясняется поступлением на полигон с течениями вод с высокой концентрацией желтого вещества из зоны апвеллинга на окраине гвинейского шельфа.

**Ключевые слова:** желтое вещество, показатель ослабления света, взвесь.

**Введение.** Желтым веществом (ЖВ) в гидрооптике называют часть растворенных в воде органических соединений, сильно поглощающих свет в коротковолновой области спектра. При высокой концентрации ЖВ придает воде желтоватый цвет. Спектральная зависимость показателя поглощения света ЖВ описывается экспоненциальным законом  $k(\lambda)_{\text{ЖВ}} \sim e^{-\mu\lambda}$ , где  $\lambda$  – длина волны,  $\mu$  – коэффициент, определяющий спектральную изменчивость ЖВ.

Выделение ЖВ и определение его концентрации представляют сложную задачу, вследствие чего таких данных в океанологической литературе мало. О содержании в морской воде ЖВ в гидрооптике принято судить по величине показателя поглощения света ЖВ при длине волны 390 нм [1, гл. 6.3]. Этот показатель для поверхностных вод определяют, вычитая из измеренного показателя поглощения света морской водой показатель поглощения пигментами фитопланктона, а для глубоководных вод избыточное по сравнению с чистой водой поглощение приписывают ЖВ.

Показатель поглощения света ЖВ можно также определить, измерив показатель ослабления направленного света (ПОС) в воде, очищенной от взвеси фильтрованием. В такой воде, в отличие от нефильТРованной, величина ПОС будет зависеть только от показателя поглощения света ЖВ и показателя поглощения водой, величина которого известна.

В моделях морской взвеси [2] считается, что на оптические характеристики воды взвесь с радиусами частиц менее 0,02 мкм практически не влияет. То есть при очистке воды от взвеси с целью определения содержания ЖВ необходимо использовать фильтры с диаметром пор 0,04 мкм.

В нашем эксперименте при очистке морской воды от взвеси использовались фильтры с диаметром пор 0,4 мкм. Такие фильтры широко применяются для определения концентрации взвеси в воде весовым методом. Неуловленные фильтром частицы с радиусом менее 0,2 мкм на величину концентрации содержащейся в воде взвеси практически не влияют. Однако для определения

содержания ЖВ необходимо учитывать влияние на показатель ослабления света оставшихся в фильтрате частиц. В настоящей работе рассматривается такая методика.

**Район работ.** Наблюдения были выполнены в 52-м рейсе НИС «Михаил Ломоносов» (январь – март 1990 г.) на полигоне с координатами  $9^\circ$  с. ш. –  $3^\circ$  ю. ш.,  $19 - 22^\circ$  з. д. Полигон состоял из четырех разрезов по  $19, 20, 21$  и  $22^\circ$  з. д. Станции на разрезах располагались через  $0,5^\circ$ .

**Метод измерений.** Пробы воды, отбиравшиеся с помощью насоса с глубины 3 м, процеживались через фильтр с диаметром пор 0,4 мкм. В нефльтрованной и фильтрованной воде измерялись спектральные значения показателя ослабления направленного света  $\varepsilon(\lambda)$ . Измерения  $\varepsilon(\lambda)$  производились с помощью прозрачномера [3] на длинах волн 416, 432, 468, 506 нм. Среднеквадратическая ошибка измерения составляла  $0,01 \text{ м}^{-1} (\ln)$ .

При фильтровании и во время измерений  $\varepsilon(\lambda)$  в фильтрованной воде соблюдались меры предосторожности от загрязнения проб. Сосуд, в который поступала фильтрованная вода, промывался предварительно дистиллированной водой, кювета в прозрачномере перед измерением также промывалась дистиллятом, а затем фильтрованной водой.

**Метод расчета.** Показатель ослабления света в морской воде  $\varepsilon(\lambda)_{\text{мв}}$  представляет собой сумму показателей: ослабления чистой водой  $\varepsilon(\lambda)_{\text{чв}}$ , рассеяния крупной взвесью  $\sigma(\lambda)_{\text{крупн}}$  (органические частицы с радиусами  $r > 1$  мкм), рассеяния мелкой взвесью  $\sigma(\lambda)_{\text{мелк}}$  (минеральные частицы с радиусами  $r < 1$  мкм), поглощения желтым веществом  $\kappa(\lambda)_{\text{жв}}$ , поглощения пигментами хлорофилла  $\kappa(\lambda)_{\text{хл}}$  [1, гл. 8.4]:

$$\varepsilon(\lambda)_{\text{мв}} = \varepsilon(\lambda)_{\text{чв}} + \sigma(\lambda)_{\text{крупн}} + \sigma(\lambda)_{\text{мелк}} + \kappa(\lambda)_{\text{жв}} + \kappa(\lambda)_{\text{хл}}. \quad (1)$$

Через фильтр с диаметром пор 0,4 мкм из воды удаляются: крупная взвесь (планктон); пигменты хлорофилла, содержащиеся в планктоне; мелкая взвесь с радиусами частиц более 0,2 мкм. Показатель ослабления света в фильтрованной воде

$$\varepsilon(\lambda)_{\text{фв}} = \varepsilon(\lambda)_{\text{чв}} + \sigma(\lambda)_{r < 0,2 \text{ мкм}} + \kappa(\lambda)_{\text{жв}}. \quad (2)$$

Чтобы определить по формуле (2) величину  $\kappa(\lambda)_{\text{жв}}$ , следует из измеренного показателя ослабления света  $\varepsilon(\lambda)_{\text{фв}}$  вычесть показатель ослабления чистой водой и показатель рассеяния минеральной взвесью с радиусами частиц менее 0,2 мкм.

Показатель ослабления чистой водой  $\varepsilon(\lambda)_{\text{чв}} = \kappa(\lambda)_{\text{чв}} + \sigma(\lambda)_{\text{чв}}$  вычислялся по данным о показателе поглощения чистой водой  $\kappa(\lambda)_{\text{чв}}$  из работы [4] и показателе молекулярного рассеяния чистой водой  $\sigma(\lambda)_{\text{чв}}$  из работы [1, табл. 6.1]. По результатам расчетов для длин волн 416, 432, 468, 506 нм значения показателя ослабления  $\varepsilon(\lambda)_{\text{чв}}$  соответственно равны 0,01; 0,0099; 0,0137; 0,03  $\text{м}^{-1} (\ln)$ .

Поправка на рассеяние света минеральной взвесью осуществлялась следующим образом. Был рассчитан относительный вклад рассеяния минеральной взвесью с радиусами частиц менее 0,2 мкм в общее рассеяние минеральной взвесью. При этом использовались параметры расчета рассеяния мелкой взвесью из работы [1, гл. 8.2]. Распределение численности частиц  $N(r)$  принималось типа Юнге  $r^{-\nu}$  со следующими значениями параметра распределения  $\nu$ :  $\nu = 2,5$  для частиц с радиусами  $r = 0,01 - 0,05$  мкм;  $\nu = 3,5$  для частиц с  $r = 0,05 - 0,1$  мкм;  $\nu = 4,5$  для частиц с  $r = 0,1 - 1,3$  мкм. Показатель рассеяния света частицами в диапазоне размеров радиусов от  $r_1$  до  $r_2$  вычислялся по формуле

$$\sigma = \pi \int_{r_1}^{r_2} K(\rho) N(r) r^2 dr, \quad (3)$$

где  $\rho = 2\pi r/\lambda$  – параметр дифракции,  $K(\rho)$  – поперечник рассеяния частицами. Величины  $K(\rho)$  брались из работы [3] для частиц с показателем преломления  $m = 1,15$ .

При расчетах частицы были разбиты на шесть групп с радиусами: 0,01 – 0,05; 0,05 – 0,1; 0,1 – 0,2; 0,2 – 0,5; 0,5 – 0,9; 0,9 – 1,3 мкм. Для каждой группы вычислялся средний радиус частиц по формуле

$$\langle r \rangle = \left( \frac{\nu - 1}{\nu - 2} \right) \left( \frac{r_{\max}^{2-\nu} - r_{\min}^{2-\nu}}{r_{\max}^{1-\nu} - r_{\min}^{1-\nu}} \right). \quad (4)$$

По величине  $\langle r \rangle$  рассчитывалась численность частиц  $N(r)$  с учетом для каждого диапазона радиусов частиц параметра распределения  $\nu$ . Отношение  $P = \sigma(0,01 - 0,2) / \sigma(0,01 - 1,3)$  показателя рассеяния света частицами мелкой взвеси с радиусами 0,01 – 0,2 мкм к общему показателю рассеяния минеральной взвесью с радиусами частиц 0,01 – 1,3 мкм для длин волн 416, 432, 468, 506 нм, использовавшихся в эксперименте, равно соответственно 0,134; 0,126; 0,111; 0,107.

По всем измерениям (52 пробы) в районе работ рассчитаны средние спектральные значения показателя ослабления света в нефилтрованной и филтрованной воде (табл. 1).

**Таблица 1.** Средние спектральные значения показателя ослабления света в пробах нефилтрованной и филтрованной воды

Длина волны, нм	416	432	468	506
$\langle \varepsilon(\lambda)_{\text{МВ}} \rangle, \text{ м}^{-1} (\text{ln})$	0,219	0,200	0,154	0,147
$\langle \varepsilon(\lambda)_{\text{ФВ}} \rangle, \text{ м}^{-1} (\text{ln})$	0,120	0,106	0,067	0,069

По расчетам в работе [1, гл. 8.4] в океанических водах ( $H < 100$  м) с близкими к нашему случаю спектральными показателями ослабления  $\langle \varepsilon(416)_{\text{МВ}} \rangle = 0,197 \text{ м}^{-1}$  (на нашем полигоне  $\langle \varepsilon(416)_{\text{МВ}} \rangle = 0,219 \text{ м}^{-1}$ )

вклад  $F$  минеральных частиц в общий показатель ослабления света составил 22% в спектральном диапазоне 416 – 468 нм и 20% на длине волны 506 нм.

С учетом величин  $F(\lambda)$  и рассчитанных коэффициентов  $P$  вычислены средние значения  $\sigma(\lambda)_{r<0,2\text{мкм}}$ :

$$\langle \sigma(\lambda)_{r<0,2\text{мкм}} \rangle = P(\lambda)F(\lambda) \langle \varepsilon(\lambda)_{\text{МВ}} \rangle. \quad (5)$$

По этим данным рассчитаны величины  $\langle \kappa(\lambda)_{\text{ЖВ}} \rangle$ :

$$\langle \kappa(\lambda)_{\text{ЖВ}} \rangle = \langle \varepsilon(\lambda)_{\text{ФВ}} \rangle - \varepsilon(\lambda)_{\text{ЧВ}} - \langle \sigma(\lambda)_{r<0,2\text{мкм}} \rangle. \quad (6)$$

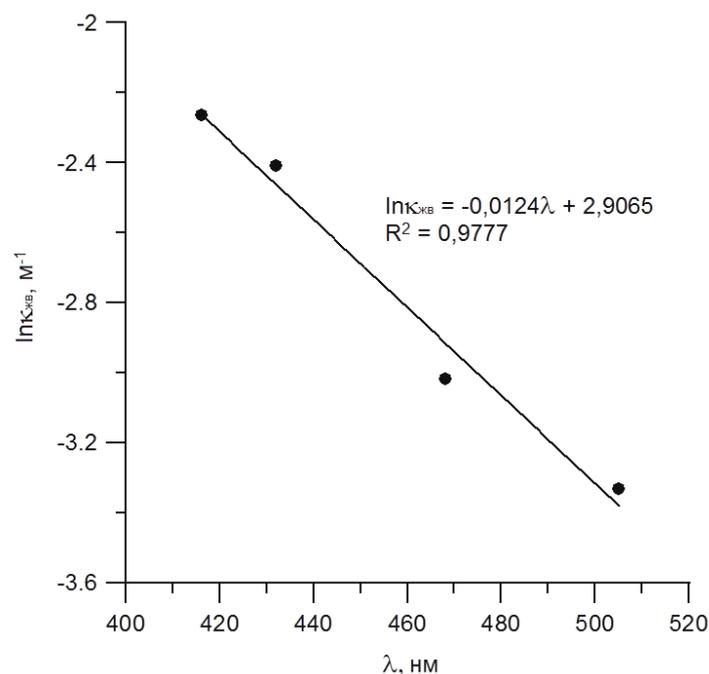
Значения  $\langle \sigma(\lambda)_{r<0,2\text{мкм}} \rangle$  и  $\langle \kappa(\lambda)_{\text{ЖВ}} \rangle$  представлены в табл. 2.

**Таблица 2.** Спектральные значения показателя рассеяния света минеральной взвесью с радиусами частиц менее 0,2 мкм и показателя поглощения ЖВ

Длина волны, нм	416	432	468	506
$\langle \sigma(\lambda)_{r<0,2\text{мкм}} \rangle, \text{ м}^{-1} (\ln)$	0,0065	0,0055	0,0038	0,0032
$\langle \kappa(\lambda)_{\text{ЖВ}} \rangle, \text{ м}^{-1} (\ln)$	0,104	0,09	0,049	0,036

На рис. 1 показан график спектральной изменчивости величин  $\langle \kappa(\lambda)_{\text{ЖВ}} \rangle$ . Коэффициент экспоненты  $\mu$  получился равным  $0,0124 \text{ нм}^{-1}$ . В работе [1, табл. 6.4] для поверхностных океанических вод мезотрофного типа приведена величина  $\mu = 0,012$ . По наблюдениям биологов в 47-м рейсе НИС «Михаил Ломоносов» [5], воды восточной части Тропической Атлантики отнесены к мезотрофному типу. Таким образом, полученные нами данные о коэффициенте  $\mu$  в водах полигона согласуются с данными работы [1, табл. 6.4].

Для расчетов дискретных величин  $\kappa(\lambda)_{\text{ЖВ}}$  был вычислен по осредненным данным коэффициент  $\langle S(\lambda) \rangle = \langle \kappa(\lambda)_{\text{ЖВ}} \rangle / [\langle \varepsilon(\lambda)_{\text{ФВ}} \rangle - \varepsilon(\lambda)_{\text{ЧВ}}]$ , значения которого равны 0,942; 0,940; 0,929; 0,919 соответственно для длин волн 416, 432, 468, 506 нм. На этот коэффициент умножались величины  $[\varepsilon(\lambda)_{\text{ФВ}} - \varepsilon(\lambda)_{\text{ЧВ}}]$ . При использовании коэффициента  $\langle S(\lambda) \rangle$  считалось, что коэффициент  $F$ , характеризующий относительный вклад мелкой взвеси в показатель ослабления света морской водой, в водах полигона был неизменен. Это подтвердилось данными моделирования [1, гл. 8.4], согласно которым изменения коэффициента  $F$  в океанических водах ( $H < 100 \text{ м}$ ) невелики: в открытых океанических водах ( $\langle \varepsilon(416)_{\text{МВ}} \rangle = 0,197 \text{ м}^{-1}$ ) вклад  $F$  минеральных частиц в общий показатель ослабления составил 22% в спектральном диапазоне 416 – 468 нм и 20% на длине волны 506 нм, в прибрежных океанических водах ( $\langle \varepsilon(416)_{\text{МВ}} \rangle = 0,79 \text{ м}^{-1}$ ) он составил 17% в спектральном диапазоне 416 – 432 нм и 16% в диапазоне 468 – 506 нм. Диапазон изменения показателя ослабления света на полигоне  $\varepsilon(416)_{\text{МВ}} = 0,14 - 0,29 \text{ м}^{-1}$ . То есть возможные изменения коэффициента  $F$  на полигоне могли незначительно сказываться на определении величин  $\kappa(\lambda)_{\text{ЖВ}}$ .



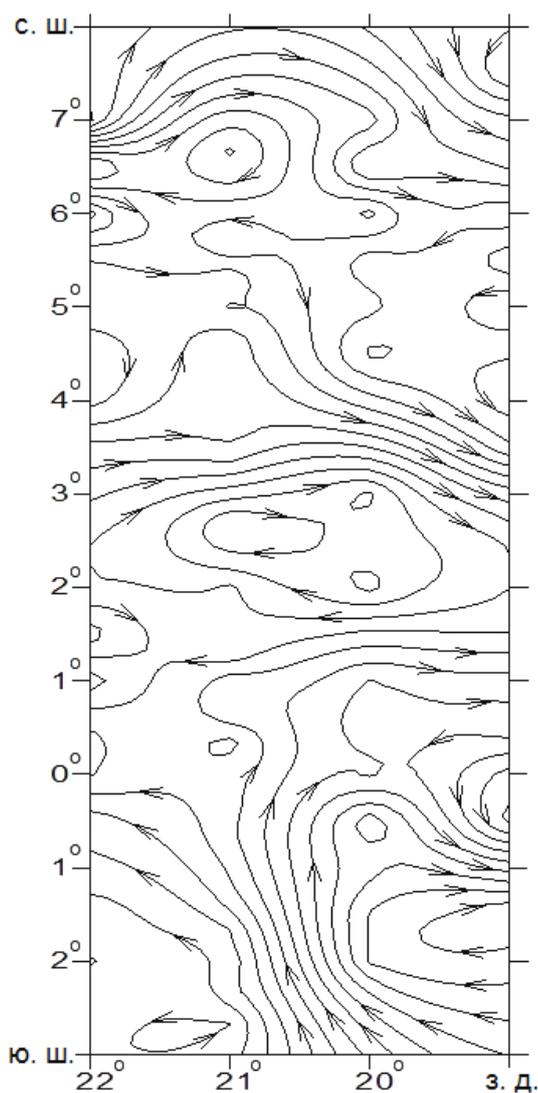
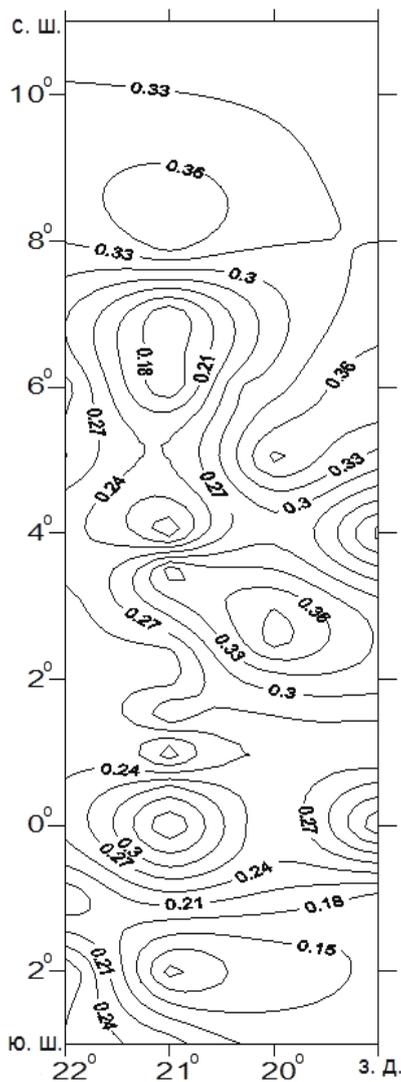
**Рис. 1.** Спектральная изменчивость показателя поглощения света желтым веществом в поверхностных водах полигона ( $R^2$  – коэффициент детерминации)

В работе [6] рассчитан удельный показатель поглощения света ЖВ при длине волны 450 нм  $\kappa(450)_{уд.жв} = 0,212 \text{ м}^2 \cdot \text{г}^{-1}$ , что позволяет определять концентрацию ЖВ в воде, измеряя  $\kappa(450)_{жв} \cdot C_{жв}, \text{ г} \cdot \text{м}^{-3} = \kappa(450)_{жв} / \kappa(450)_{уд.жв}$ . Другие данные в литературе по величине  $\kappa(\lambda)_{уд.жв}$  в океанических водах нам неизвестны. В связи с этим неясен вопрос, насколько величина  $\kappa(450)_{уд.жв}$ , приводимая в работе [6], универсальна. Тем не менее, с учетом вышесказанного, было решено рассмотреть распределение ЖВ на полигоне в величинах его концентрации, вычисленной с использованием  $\kappa(450)_{уд.жв}$  из работы [6].

Для определения концентрации ЖВ использовались данные измерений показателя ослабления света в фильтрованной воде на длине волны 468 нм. Величина  $C_{жв}$  рассчитывалась по формуле

$$C_{жв}, \text{ г} \cdot \text{м}^{-3} = [\varepsilon(468)_{фв} - \varepsilon(468)_{чв}] \cdot S(468) \cdot \exp \frac{[-0,0124(450 - 468)]}{\kappa(450)_{уд.жв}}. \quad (7)$$

**Результаты расчетов и их обсуждение.** На рис. 2 показано распределение концентрации ЖВ на полигоне. Диапазон изменчивости  $C_{жв}$  составил  $0,076 - 0,403 \text{ г} \cdot \text{м}^{-3}$ . Средняя величина концентрации ЖВ в водах полигона  $\langle C_{жв} \rangle_{19-22} = 0,294 \text{ г} \cdot \text{м}^{-3}$ .



**Рис. 2.** Распределение в поверхностных водах полигона концентрации желтого вещества ( $\text{г}\cdot\text{м}^{-3}$ )

**Рис. 3.** Карта течений в поверхностных водах полигона

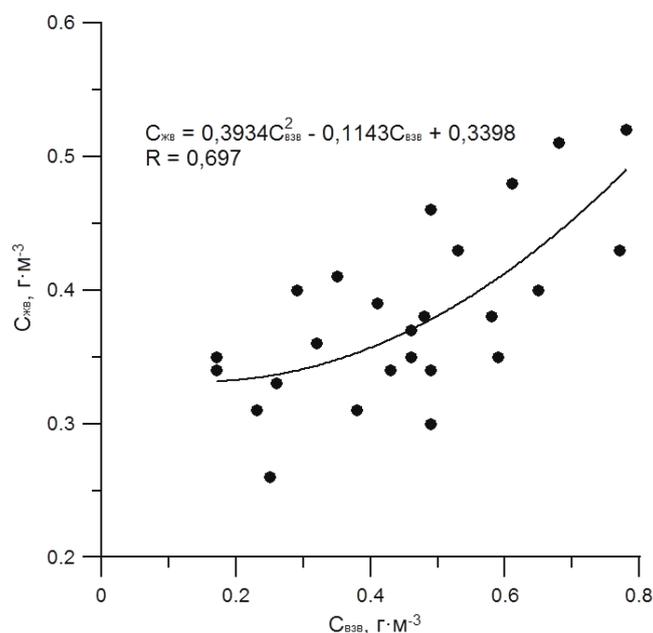
Концентрация ЖВ на полигоне увеличивалась от западной его части к восточной. В западной части на разрезах по 21 и 22° з. д. средняя величина концентрации ЖВ составила  $\langle C_{\text{жв}} \rangle_{21-22} = 0,256 \text{ г}\cdot\text{м}^{-3}$ ; в восточной части на разрезах по 19 и 20° з. д.  $\langle C_{\text{жв}} \rangle_{19-20} = 0,311 \text{ г}\cdot\text{м}^{-3}$ . Такое распределение  $C_{\text{жв}}$  объясняется поступлением на полигон вод с высокой концентрацией ЖВ из зоны апвеллинга на окраине гвинейского шельфа. По измерениям в зоне апвеллинга в точке 9° 17' с. ш., 13° 50' з. д. концентрация ЖВ составила 0,90  $\text{г}\cdot\text{м}^{-3}$ .

На рис. 3 представлены течения на полигоне в поверхностном слое, рассчитанные динамическим методом. Сравнение карты течений с рис. 2 пока-

зывает наличие в восточной части полигона в районах с повышенной концентрацией ЖВ течений западного направления, т. е. из района апвеллинга на гвинейском шельфе.

Желтое вещество поступает в океан двумя путями: выносится с суши с водами рек и образуется непосредственно в океане в результате химического разложения отмерших планктонных организмов. Первый путь образования ЖВ существен лишь в прибрежных водах, а в открытых районах океана доминирует автохтонное ЖВ. Поэтому в открытых районах океана должна наблюдаться корреляция между концентрациями ЖВ и взвеси, так как в ней основную часть составляют живой фитопланктон и отмерший планктон в виде детрита.

На полигоне в пробах воды одновременно с определением концентрации ЖВ находилась весовым способом концентрация взвеси. Был проведен расчет корреляции между концентрацией ЖВ и концентрацией взвеси. Коэффициент корреляции по данным для всего полигона получился низким:  $R = 0,212$ . Объясняется это присутствием в восточной части полигона вод из района прибрежного апвеллинга. В этих водах соотношение между ЖВ и взвесью отличается от соотношения в океанических водах других частей полигона.



**Рис. 4.** Связь концентрации желтого вещества с концентрацией взвеси в районах полигона, куда не поступали воды прибрежного апвеллинга

С учетом вышесказанного была рассчитана корреляция между концентрациями ЖВ и взвеси в районах полигона, где, согласно карте течений (рис. 3), нет потоков вод со стороны прибрежного апвеллинга. Были выбраны на 21 и 22° з. д. такие районы полигона: в южной части – от 3° ю. ш. до 0°, в северной части – от 3 до 8° с. ш. Коэффициент корреляции составил  $R = 0,697$ . Связь ЖВ со взвесью в этом случае продемонстрирована на рис. 4.

Было проведено сравнение полученных нами данных о ЖВ на полигоне с данными из работы [1, гл. 8.4], в которой приведены результаты расчетов спектрального вклада поглощения света ЖВ в показатель ослабления направленного света в океанических водах. Для сравнения использовались величины  $\kappa(450)_{\text{ЖВ}}$ . В табл. 3 приведены значения  $\kappa(450)_{\text{ЖВ}}$  на полигоне и в океанических водах разного типа по данным работы [1, гл. 8.4].

**Таблица 3.** Показатель поглощения света ЖВ  $\kappa(450)_{\text{ЖВ}}$  в водах полигона и в океанических водах разного типа по данным работы [1, гл. 8.4]

Воды (район)	Количество проб	$\langle C_{\text{ХЛ}} \rangle$ , мг·м <sup>-3</sup>	$\langle \kappa(450)_{\text{ЖВ}} \rangle$ , м <sup>-1</sup>
полигона	51	–	0,054
восточной части полигона (19 и 20° з. д.)	20	–	0,066
зоны гвинейского апвеллинга (9° 17' с. ш.; 13° 50' з. д.)	1	–	0,191
океанические ( $H < 100$ м)	49	0,027	0,020
прибрежные ( $H < 100$ м)	23	0,51	0,072
вблизи Аравийского п-ова ( $H = 10$ м)	–	–	0,146

Сравнение показывает, что величины показателя поглощения света ЖВ для всего полигона ( $\langle \kappa(450)_{\text{ЖВ}} \rangle_{19-22} = 0,054 \text{ м}^{-1}$ ) и особенно для его восточной части ( $\langle \kappa(450)_{\text{ЖВ}} \rangle_{19-20} = 0,066 \text{ м}^{-1}$ ) подобны значениям показателя для прибрежных вод ( $H < 100$  м). В южной части полигона на 21 и 22° з. д. наблюдались величины соответственно  $\kappa(450)_{\text{ЖВ}} = 0,016 \text{ м}^{-1}$  и  $\kappa(450)_{\text{ЖВ}} = 0,032 \text{ м}^{-1}$  такого же порядка, как в океанических водах ( $H < 100$  м). В зоне гвинейского апвеллинга значение  $\kappa(450)_{\text{ЖВ}} = 0,191 \text{ м}^{-1}$  высокое, как и вблизи Аравийского п-ова ( $\kappa(450)_{\text{ЖВ}} = 0,146 \text{ м}^{-1}$ ).

### Выводы.

1. Разработан метод определения спектральных показателей поглощения света ЖВ в водах океана по измерениям показателя ослабления направленного света в коротковолновой области спектра (416 – 506 нм) в пробах воды, профильтрованных через фильтр с диаметром пор 0,4 мкм.

2. Определены спектральные показатели поглощения света ЖВ в поверхностных водах (глубина 3 м) на полигоне, располагавшемся в восточной части тропической зоны Атлантического океана.

3. Рассчитан коэффициент спектральной изменчивости показателя поглощения света ЖВ в водах полигона  $\mu = 0,0124$ .

4. Рассчитана концентрация ЖВ в водах полигона. В восточной части полигона концентрация ЖВ была больше, чем в западной, что объясняется по-

ступлением на полигон с течениями вод с высокой концентрацией ЖВ из зоны апвеллинга на окраине гвинейского шельфа.

5. Проведено сопоставление значений концентраций ЖВ и взвеси. В целом по всему полигону коэффициент корреляции незначителен ( $R = 0,212$ ), что является следствием влияния вод, поступавших на полигон из зоны прибрежного апвеллинга. В районах полигона, куда не поступали такие воды, коэффициент корреляции высок ( $R = 0,697$ ).

6. Сравнение величин  $\kappa(450)_{\text{ЖВ}}$  в водах полигона с результатами модельных расчетов в работе [1] вклада ЖВ в показатель ослабления света в океанических водах разного типа показало, что воды полигона в целом подобны прибрежным водам на глубинах менее 100 м. В то же время в отдельных районах полигона наблюдались величины  $\kappa(450)_{\text{ЖВ}}$ , характерные для вод океанического типа.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Оптика океана*. Т. 1. Физическая оптика океана / Под ред. А.С. Монины. – М.: Наука, 1983. – 371 с.
2. *Шифрин К.С., Салганик И.Н.* Таблицы по светорассеянию. Т.5. Рассеяние света моделями морской воды. – Л.: Гидрометеоздат, 1973. – 218 с.
3. *Маньковский В.И.* Спектральный лабораторный прозрачномер с переменной базой // Системы контроля окружающей среды. – Севастополь: МГИ НАН Украины, 2012. – С. 56 – 60.
4. *Pope R.M., Fry E.S.* Absorption spectrum (380 – 700 nm) of pure water. II Integration cavity measurements // *Appl. Optics*. – 1997. – 36, № 33. – P. 8710 – 8723.
5. *Сеничкина Л.Г., Георгиева Л.В.* Фитопланктон восточной части Тропической Атлантики // Океанологические исследования в восточной части Атлантической тропической энергоактивной зоны / Материалы 47-го рейса НИС «Михаил Ломоносов». – Севастополь: МГИ АН УССР, 1987. – С.125 – 149.
6. *Nyquist G.* Investigation of some optical properties of sea water with special reference to lignin sulfonates and humic substances // *Thes. Dep. Anal. Mar. Chem.* – Gotheburg, 1979. – 200 p.

## **Yellow substance in surface waters of the eastern part of the Tropical Atlantic**

**V.I. Man'kovsky**

*Marine Hydrophysical Institute, Russian Academy of Sciences, Sevastopol, Russia  
e-mail: emankovskaya@mail.ru*

Developed is the method for calculating the coefficient of light absorption by yellow substance in the ocean waters using the measurements of beam attenuation coefficient in the filtered and suspension-free water samples. The yellow substance concentration in the polygon surface waters in the eastern part of the Atlantic Ocean tropical zone is calculated. The yellow substance concentration in the eastern part of the polygon is higher than that in the western part. It is explained by the fact that the currents from the upwelling zone on the Guinean shelf edge bring the waters with high yellow substance concentration to the polygon.

**Keywords:** yellow substance, beam attenuation coefficient, suspended matter.