

УДК 551.468

© Д. И. Глуховец^{1,2}, Ю. А. Гольдин¹

¹Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН, г. Москва

²Московский физико-технический институт, г. Долгопрудный, Московская обл.
glukhovets@ocean.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ СВЯЗИ СОЛЕННОСТИ И ФЛЮОРЕСЦЕНЦИИ ЖЕЛТОГО ВЕЩЕСТВА В КАРСКОМ МОРЕ

Статья поступила в редакцию 01.04.2018, после доработки 20.07.2018.

Представлены результаты исследований корреляционной связи интенсивности флуоресценции растворенного органического вещества и солености в поверхностном слое вод Карского моря. Исследования выполнены с использованием данных, полученных с помощью проточного измерительного комплекса в рейсах НИС «Профессор Штокман» и НИС «Академик Мстислав Келдыш» (2013—2015 гг.). Для исследования пространственной изменчивости связи флуоресценции окрашенной части растворенного органического вещества и солености используется предложенный авторами метод «скользящих корреляций». В области вод, подверженных воздействию речного стока зафиксирована сильная антикорреляция. В области преобладающего воздействия стока талых ледниковых вод зафиксирована положительная корреляция. В областях сопоставимого влияния указанных факторов, а также вне зоны опреснения связи не наблюдается. Зарегистрирована межгодовая изменчивость исследуемой связи. Границы области, подверженной влиянию речного стока, определяются по спутниковым данным сканера цвета MODIS, обработанным с использованием регионального алгоритма для Карского моря. Сильная антикорреляция в этой области, наблюдаемая в широком диапазоне изменения солености, позволяет использовать спутниковые карты пространственного распределения показателя поглощения желтого вещества для определения положения границ области поверхностного опресненного слоя, исследования его структуры и динамики.

Ключевые слова: флуоресценция, растворенное органическое вещество, соленость, корреляция, поверхностный слой, Карское море.

D. I. Glukhovets^{1,2}, Yu. A. Goldin¹

¹Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

²Moscow Institute of Physics and Technology, Dolgoprudny, Moscow Region, Russia

RESEARCH OF THE RELATIONSHIP BETWEEN SALINITY AND YELLOW SUBSTANCE FLUORESCENCE IN THE KARA SEA

Received 01.04.2018, in final form 20.07.2018.

The results of studies of the dissolved organic matter fluorescence intensity and salinity correlation in the surface layer of the Kara Sea are shown. The studies were carried out using a flow-through system during the cruises of the "Professor Shtokman" and "Akademik Mstislav Keldysh" research vessels (2013—2015). To study the spatial variability of the correlation of colored dissolved organic matter fluorescence and salinity, the method of "sliding correlations" proposed by the authors is used. A strong anticorrelation was recorded in the area of waters affected by river runoff. A positive correlation was recorded in the region of the prevailing effect of the melted glacial waters. In the areas of comparable influence of these factors, as well as outside the desalination zone, no correlation is observed. The interannual variability of the investigated correlation is recorded. The boundaries of the area affected by river runoff are determined from the satellite ocean color data of the MODIS instrument, processed using a regional algorithm for the Kara Sea. Strong anticorrelation in this region, observed over a wide range of salinity, allows the use of satellite maps of the yellow substance absorption spatial distribution to determine the boundaries position of the surface desalinated layer, to study its structure and dynamics.

Key words: fluorescence, dissolved organic matter, salinity, correlation, surface layer, the Kara Sea.

Ссылка для цитирования: Глуховец Д. И., Гольдин Ю. А. Исследование связи солености и флуоресценции желтого вещества в Карском море // *Фундаментальная и прикладная гидрофизика*. 2018. Т. 11, № 3. С. 34—39.

For citation: *Glukhovets D. I., Goldin Yu. A. Research of the relationship between salinity and yellow substance fluorescence in the Kara Sea. Fundamentalnaya i Prikladnaya Gidrofizika*. 2018, 11, 3, 34—39.

doi: 10.7868/S2073667318030048

Речной сток оказывает существенное воздействие на поверхностный слой вод Карского моря. Изучению формирования и внутренней структуры поверхностного опресненного слоя (ПОС) посвящен целый ряд работ [1—5]. Характерная толщина ПОС — около 10 м [1]. Пресные речные воды содержат большое количество окрашенного растворенного органического вещества (ОРОВ). Распространяясь в акватории Карского моря, речные воды смешиваются с морскими. В результате происходящего при этом процесса разбавления по мере удаления от устьевой зоны рек соленость в ПОС растет, а концентрация ОРОВ убывает. Вследствие этих процессов в области ПОС наблюдается ярко выраженная антикорреляция концентрации растворенного органического вещества и солености [6] и, как следствие, интенсивности флуоресценции ОРОВ и солености [7, 8]. В данной работе исследуется зависимость коэффициента детерминации от различных факторов, в том числе от масштабов пространственной изменчивости полей солености и концентрации ОРОВ.

Исследования проводятся с использованием данных натурных измерений, выполненных в трех экспедициях: в 125-м, 128-м рейсах НИС «Профессор Штокман» (2013 и 2014 гг. соответственно) и 63-м рейсе НИС «Академик Мстислав Келдыш» (2015 г.) и привлечением данных спутникового сканера цвета MODIS.

Аппаратура и методика. При проведении исследований использовался проточный измерительный комплекс, разработанный в Лаборатории оптики океана ИО РАН [9]. В его состав входят двухканальный проточный флуориметр на сверхярких светодиодах ПФД-2 (длины волн возбуждения: 373 нм, 521 нм; длины волн регистрации: 480 нм, 685 нм), двухканальный лазерный спектрометр ЛС-2 (длины волн возбуждения: 401 нм, 532 нм) и термосоленограф. Комплекс обеспечивает непрерывные измерения интенсивностей флуоресценции хлорофилла-*a*, окрашенной части растворенного органического вещества, солености (S) и температуры морской воды в приповерхностном слое (порядка 1—2 м) по маршруту судна. В 2013 г. водозабор осуществлялся с помощью буксируемого заглубителя, в 2014 и 2015 гг. — с использованием жестко прикрепленной к борту судна трубы. В последнем случае из-за непостоянства крена судна и качки могут происходить относительно небольшие колебания глубины водозабора. Однако это слабо влияет на результаты измерений, поскольку на всех участках маршрута, кроме относительно узких фронтальных зон, верхние метры вод практически однородны [1], а при сильном волнении происходит большее перемешивание приповерхностного слоя вод. Кроме того, влияние волнения нивелируется временным осреднением. Интервал осреднения данных измерений по времени составлял 15 с.

Относительная погрешность измерения интенсивности флуоресценции ОРОВ (I_f) составляла величину $< 1\%$. Во всём диапазоне изменения значений I_f , зафиксированном в исследуемом массиве данных, амплитудная характеристика ПФД-2 линейна. Линейность контролируется с использованием спектрометра ЛС-2, позволяющего определять значение I_f в Рамановских единицах. Стабильность показаний ПФД-2 контролируется с помощью специальных эталонов на флуоресцирующих стеклах и растворах. Случайная ошибка определения солености не превышала 0.25 епс до значений $S \approx 33$ епс. Калибровка измерителя солености была скорректирована по показаниям STD зонда на станциях. Данные по интенсивности флуоресценции хл «а» и температуре в данной работе не используются.

Карты пространственного распределения показателя поглощения желтого вещества построены по данным спутникового сканера цвета MODIS с помощью регионального алгоритма [10] в программе SMCS [11]. Из-за частой плотной облачности над акваторией Карского моря в работе используются спутниковые карты, осредненные по временным интервалам, обеспечивающим достаточно подробное их заполнение. Эти интервалы соответствуют времени натурных измерений. Сопоставления осредненных по времени спутниковых данных и результатов «мгновенных» судовых измерений, выполненные в работе, носят качественный характер. Они показывают положения соответствующих участков разреза относительно границ ПОС. Важно отметить, что измерения проводились в период середина августа—сентябрь. К этому времени процессы формирования ПОС в основном заканчиваются [7]. Поэтому за период измерений положение границ ПОС меняется слабо.

Для исследования пространственной изменчивости корреляции I_f и S использован метод «скользящих корреляций». Метод расчета «скользящих корреляций» заключается в том, что из массива данных измерений последовательно берется N значений (с 1 по N) и вычисляется коэффициент детерминации R^2 линейной регрессии. Затем берутся N значений со сдвигом на одно измерение (со 2 по $N+1$)

и вычисляется следующее значение R^2 . Процедура повторяется до конца массива. Метод дает возможность исследовать корреляцию распределений в различных пространственных масштабах Δ . Масштаб исследования зависит от выбранного значения параметра N (подавляющее большинство использованных данных получены в результате съемки на ходу судна на близких скоростях). Использованный метод позволяет устранить возможные искажения результатов, возникающих при расчетах R^2 на фиксированных участках, вызванные произволом выбора границ участков маршрута, по которым проводится расчет. Недостатком метода является невозможность исследования крайних (протяженностью $N/2$) интервалов. Однако при количестве точек измерений много больше параметра N , что выполняется в большинстве случаев, эти потери несущественны. Метод «скользящих корреляций» позволяет выявить неоднородности заданного масштаба в пространственном распределении связанных величин. «Скользящие корреляции» строятся по данным судовых измерений. Величина N выбирается так, чтобы обеспечить необходимое пространственное разрешение Δ .

Как будет показано ниже, высокие значения R^2 на всем массиве данных соответствуют антикорреляции $I_{\text{ф}}$ и S (значения R при этом отрицательные). Короткие участки с положительной связью ($R > 0$) были зарегистрированы лишь несколько раз и только в заливах Новой Земли вблизи тающих ледников. Полученные там результаты будут обсуждаться отдельно. Для сохранения преемственности с предшествующими работами, например [7], в данной работе использован коэффициент детерминации R^2 .

Результаты. Расчеты коэффициента детерминации между $I_{\text{ф}}$ и S проведены для различных масштабов Δ . При Δ порядка первых десятков километров наблюдается высокая изменчивость R^2 , вызванная различными причинами. Например, мезомасштабной изменчивостью пространственного распределения концентрации ОРОВ. По мере увеличения Δ изменчивость R^2 уменьшается, и выявляются основные крупномасштабные тренды. Они четко проявляются при масштабе порядка 150—200 км. Результаты расчета с масштабом $\Delta = 200$ км для всего массива данных, полученных в Карском море в 2015 г., приведены на рис. 1. На большей части маршрута, проходившего в области ПОС, R^2 близок к единице. Это показывает наличие сильной связи $I_{\text{ф}}$ и S внутри области ПОС, обусловленной единым для всей акватории процессом разбавления речных вод.

Отсутствие корреляции между $I_{\text{ф}}$ и S на участке маршрута между 3250 и 3500 км обусловлено географическим положением этого участка. Маршрут на этом участке проходит в заливах Новой Земли и близких к ним районах моря на границе ПОС, где речной сток перестает быть определяющим фактором распределения ОРОВ и солености. Для данного участка выбранный при расчетах масштаб Δ превышает масштаб пространственной изменчивости поля $I_{\text{ф}}$. Для проведения расчетов на этом участке

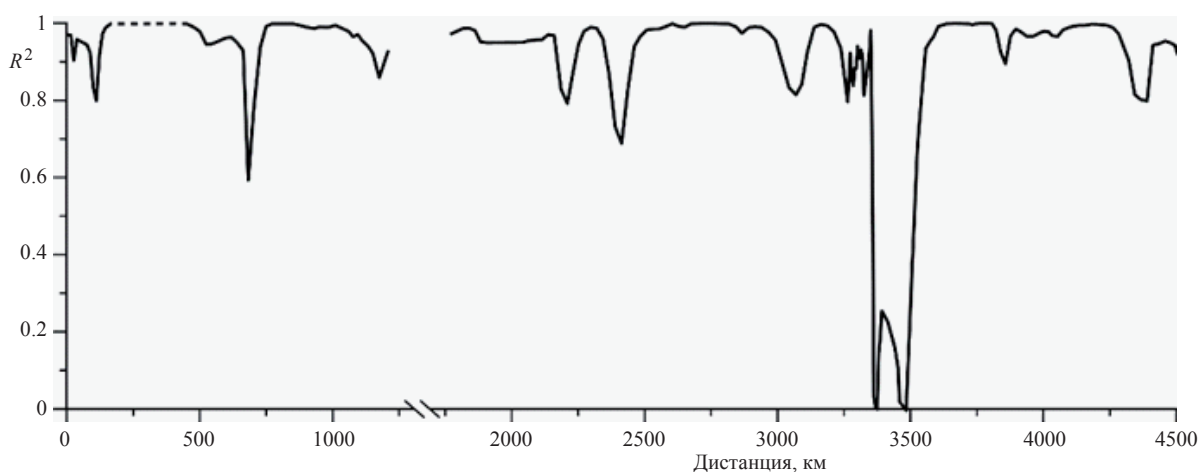


Рис. 1. Скользящие корреляции интенсивности флуоресценции ОРОВ и солености по маршруту 63-го рейса НИС «Академик Мстислав Келдыш» в Карском море, 2015 г. Масштаб расчёта $\Delta = 200$ км. Разрыв в районе 1500 км соответствует работе в море Лаптевых. Пунктир — отсутствие данных.

Fig. 1. Sliding correlations of CDOM fluorescence intensity and salinity along the route of the 63rd cruise of the R/V “Akademik Mstislav Keldysh” in the Kara Sea in 2015. Scale Δ is 200 km. The gap near 1500 km corresponds to work in the Laptev Sea. Dashed line represents the lack of data.

необходимо уменьшить масштаб Δ . Исследования прибрежных районов Карского моря с высоким разрешением выполнены в работе [12].

Как отмечалось выше, при масштабах порядка нескольких десятков километров проявляется резкая изменчивость значений R^2 . Для изучения и интерпретации этой изменчивости удобно перейти к другому представлению результатов, позволяющему связать величину R^2 и географическое положение исследуемого участка. Расчеты выполнены для уменьшенного $\Delta = 80$ км. Эта величина Δ примерно соответствует 0.7° широты или 3° долготы на спутниковых картах. Результаты этого расчета по данным 2013—2015 гг. показаны на рис. 2 (см. вклейку).

Карты в верхнем ряду усреднены по времени в соответствии с периодом проведения судовых измерений: 2—22 сентября 2013 г. (рис. 2, *а*), 11 августа—8 сентября 2014 г. (рис. 2, *б*) и 28 августа—28 сентября 2015 г. (рис. 2, *в*). Области, заполненные красным цветом, в основном соответствуют положению ПОС. На рисунках, расположенных в нижнем ряду, цветом показано рассчитанное методом скользящих корреляций значение коэффициента детерминации, меняющееся вдоль маршрута движения судна.

Красный цвет на рис. 2, *з—е* показывает участки маршрута, где наблюдалась сильная антикорреляция между $I_{\text{п}}$ и S (R^2 от 0.8 до 1). Она обусловлена общим влиянием речного стока на изменчивость этих характеристик. Красный цвет вдоль маршрута — маркер распространения речных вод. Синим цветом на этих рисунках обозначены участки с низким значением R^2 . В этом случае, объяснение не может быть однозначным, так как нарушение связи солености и концентрации ОРОВ может происходить по нескольким причинам, рассмотренным ниже.

На самых северных частях разрезов 2013—2014 гг. исследуемой связи нет, так как в период проведения измерений речные воды не достигали этих регионов (рис. 2, *а* и *б*). Связи нет также и у берегов Новой Земли. В 2013—2014 гг. эти области находились за пределами ПОС.

В 2015 г. у берегов Новой Земли наблюдались два различных процесса: проникновение речных вод и влияние материкового стока талых ледниковых вод, не содержащих (в отличие от речных вод) ОРОВ [4, 5]. Основной вклад в формирование локальных опресненных областей внутри заливов дают талые ледниковые воды. В этом случае может быть зарегистрирована положительная корреляция между $I_{\text{п}}$ и S . Пример такой корреляции наблюдался в заливе Ога [13]. Талые воды ледников уменьшают и соленость, и интенсивность флуоресценции желтого вещества в поверхностном слое. Низкие значения R^2 у берегов Новой Земли могут быть получены в двух случаях: при отсутствии влияния обоих типов опресненных вод, либо при их сопоставимом совместном влиянии. Во втором случае метод «скользящих корреляций» может дать низкие значения R^2 за счет пространственного усреднения с масштабом Δ , превышающим масштаб исследуемых локальных опресненных областей. Для получения более детальной структуры пространственного распределения коэффициента детерминации в прибрежных акваториях требуется выполнение расчетов с меньшим масштабом Δ .

Отсутствие связи между S и $I_{\text{п}}$ наблюдается вблизи устьев рек (рис. 2, *з* и *д*), где соленость близка к нулю. Эта область лежит вне ПОС. Здесь исследуемая связь может нарушаться, так как пространственная изменчивость концентрации РОВ в воде определяется не разбавлением, а другими процессами. Эти процессы не являются предметом исследования данной работы.

Дополнительную информацию для исследования причин уменьшения R^2 можно получить из анализа пространственных распределений S и $I_{\text{п}}$ на разрезах. Примеры таких распределений приведены на рис. 3. Положения разрезов отмечены на рис. 2, *з—е*: разрез Т4 (2013 г.) проходил от Обской губы до мыса Дубинского, разрез Т1 (2014 г.) — от Ямала до Новой Земли и пересекал западную часть области опресненных вод, разрез Т6 (2015 г.) — от 80° с.ш. до мыса Желания.

Практически весь разрез Т4 2013 г. проходит внутри ПОС. Его структура представляет собой серию размытых фронтальных разделов (рис. 3, *а*). В 2014 г. основная часть разреза Т1 проходит через область опресненных вод, начинаясь и заканчиваясь в квазиоднородных «морских» водах (рис. 3, *б*). Значение R^2 на этих разрезах близко к единице (рис. 2, *з* и *д*). Разрез Т6 расположен в северо-восточной части Карского моря. В 2015 г. в конце лета опресненные воды продвинулись далеко на север (рис. 2, *в*), вследствие чего большая часть разреза оказалась внутри ПОС. На протяжении всего разреза Т6 наблюдаются высокие значения R^2 . Исключение составляет локальный участок в середине разреза (около 78° с.ш. и 75° в.д.), где зарегистрировано резкое ослабление связи (рис. 2, *е*).

Установить возможную причину этого изменения помогает вид распределений на рис. 3, *в*. Участок разреза Т6 $74—78^\circ$ в.д. имеет особенность. В этой области значения интенсивности флуоресценции

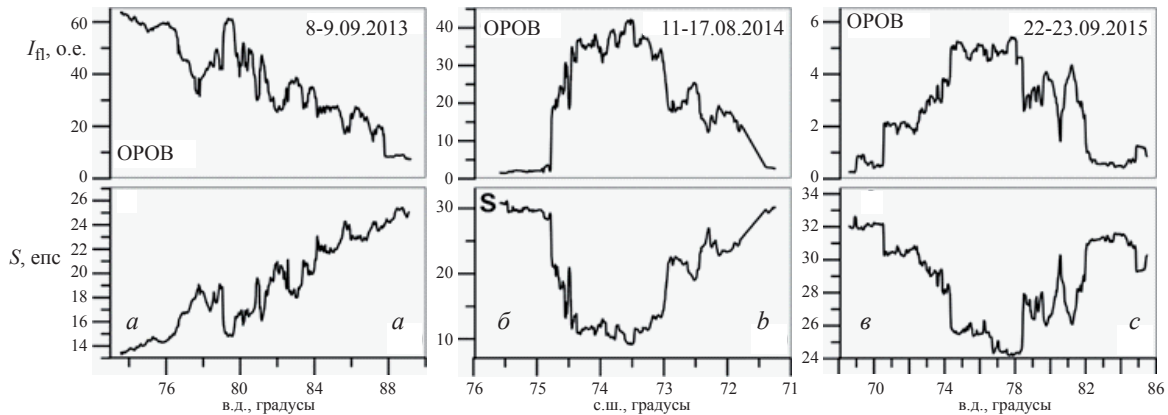


Рис. 3. Распределение солёности и интенсивности флуоресценции ОРОВ на разрезах: (а) — Т4 (2013 г.), (б) — Т1 (2014 г.) и (в) — Т6 (2015 г.). Положения разрезов представлены на рис. 2, *д—е*.

Fig. 3. Salinity and CDOM fluorescence intensity distribution along transects: *a* — Т4 (2013), *b* — Т1 (2014) and *c* — Т6 (2015). Locations of the transects are shown in fig. 2, *d—f*.

ОРОВ осциллируют около среднего для данного участка, в то время как значения солёности растут. По-видимому, это явление может быть объяснено влиянием вод, образовавшихся при таянии ледяных полей, которое закончилось незадолго до проведения измерений. Растаявшие льды опреснили воды, не изменив концентрации желтого вещества.

Интерес представляет зависимость величины R^2 от S . Анализ полученных данных показывает, что в области значений солёности между 10 и 30 епс, соответствующей водам поверхностного опресненного слоя, значения R^2 близки к единице. В водах, соответствующих значениям S , превышающим 30 епс, происходит резкий спад R^2 до нулевых значений, соответствующих отсутствию связи. Это область солёных морских вод, где не проявляется влияние опресненных речных вод, и величины концентрации ОРОВ и S изменяются независимо. Солёность 0—10 епс соответствует приустьевым областям. Как показано выше, в таких областях связь I_n и S может нарушаться.

Выполнено исследование корреляции интенсивности флуоресценции ОРОВ и солёности в поверхностном слое вод Карского моря. Использованы данные судовых измерений, полученные в 2013—2015 гг. Результаты расчета коэффициента детерминации R^2 методом «скользящих корреляций» с различным масштабом позволили выявить различные явления: от мезомасштабной «пятнистости» до крупномасштабных трендов. Спутниковые и судовые измерения находятся в хорошем соответствии. Например, существенное продвижение на север границы ПОС в 2015 г. (рис. 2, *в* и *е*), заток баренцево-морской воды севернее Новой Земли (рис. 2, *а—е*), положения фронтальных разделов, границы ПОС.

В акватории Карского моря зарегистрировано три типа взаимосвязи между I_n и S :

- сильная антикорреляция ($R^2 > 0.95$), наблюдаемая в области ПОС;
- положительная корреляция, наблюдаемая в заливах вблизи тающих ледников;
- полное отсутствие корреляции в районах вне ПОС.

Ранее в работе [6] для Карского моря по результатам измерений на станциях была зафиксирована отрицательная корреляция концентрации желтого вещества и S . В данной работе получена антикорреляция интенсивности флуоресценции ОРОВ и S . В общем случае соотношение окрашенной и неокрашенной фракций желтого вещества может варьироваться. Сильная антикорреляция говорит о постоянстве этого соотношения в акватории Карского моря. Следует отметить также, что интенсивность флуоресценции желтого вещества измеряется значительно проще, чем его концентрация. Это позволяет проводить оперативную съемку пространственных распределений полей желтого вещества с помощью проточных систем, а также дистанционными лазерными методами.

В ряде случаев наблюдаются отклонения величины R^2 от близких к единице значений, вызванные различными причинами. Выявление этих причин требует дополнительного исследования с учетом конкретного пространственного распределения и географического положения. Наблюдается отсутствие антикорреляции в устьях рек, где величина S и ее изменчивость малы.

Сильная антикорреляция I_n и S в области ПОС, наблюдаемая в диапазоне значений солености 10–30 епс, позволяет использовать спутниковые карты пространственного распределения показателя поглощения желтого вещества для определения положения границ ПОС, исследования его структуры и динамики.

Анализ судовых данных выполнен в рамках государственного задания ФАНО России (тема № 0149-2018-0002). Получение судовых данных, обработка и анализ спутниковых данных и их совместный анализ выполнены за счет средств РФФ (проект № 14-50-00095). Грант предоставлен через Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН. Авторы выражают благодарность С. В. Шеберстову за помощь в обработке спутниковых данных, Б. А. Гурееву за помощь в подготовке измерительного комплекса и А.В. Шатравину за помощь при проведении измерений.

Литература

1. Зацепин А. Г., Завьялов П. О., Кременецкий В. В., Поярко С. Г., Соловьев Д. М. Поверхностный опресненный слой в Карском море // *Океанология*. 2010. Т. 50, № 5. С. 1—11.
2. Kubryakov A., Stanichny S., Zatsepin A. River plume dynamics in the Kara Sea from altimetry-based lagrangian model, satellite salinity and chlorophyll data // *Remote Sensing of Environment*. 2016. V. 176. P. 177—187.
3. Буренков В. И., Гольдин Ю. А., Артемьев В. А., Шеберстов С. В. Оптические характеристики вод Карского моря по судовым и спутниковым наблюдениям // *Океанология*. 2010. Т. 50, № 5. С. 716—729.
4. Полухин А. А., Маккавеев П. Н. Особенности распространения материкового стока по акватории Карского моря // *Океанология*. 2017. Т. 57, № 1. С. 25—37.
5. Дроздова А. Н., Пацаева С. В., Хунджуга Д. А. Флуоресценция растворенного органического вещества как маркер распространения пресных вод в Карском море и заливах архипелага Новая Земля // *Океанология*. 2017. Т. 57, № 1. С. 25—37.
6. Aton R. M. W. The role of dissolved organic matter for the organic carbon cycle in the Arctic Ocean // *The Organic Carbon Cycle in the Arctic Ocean*. Springer, Berlin, Heidelberg, 2004. P. 83—99.
7. Глуховец Д. И., Гольдин Ю. А. Исследование биооптических характеристик вод Карского моря с использованием данных спутниковых и судовых измерений // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. 2014. Т. 11, № 4. С. 346—350.
8. Гольдин Ю. А., Глуховец Д. И., Шатравин А. В. Пространственное распределение характеристик флуоресценции морской воды в Карском море по данным исследований 2013–2014 годов // *Труды VIII Международной конференции «Современные проблемы оптики естественных вод»*. СПб., 2015. С. 17—21.
9. Гольдин Ю. А., Шатравин А. В., Левченко В. А., Венцукт Ю. И., Гуреев Б. А., Копелевич О. В. Исследование пространственной изменчивости интенсивности флуоресценции морской воды в западной части черного моря // *Фундаментальная и прикладная гидрофизика*. 2015. Т. 7, № 1. С. 17—26.
10. Вазюля С. В., Копелевич О. В., Шеберстов С. В., Артемьев В. А. Оценка по спутниковым данным показателей поглощения окрашенного органического вещества и диффузного ослабления солнечного излучения в водах Белого и Карского морей // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. 2014. Т. 11, № 4. С. 31—41.
11. Sheberstov S. V., Lukanova E. A. A system for acquisition, processing, and storage of satellite and field biooptical data // *Proceedings of IV international conference «Current problems in optics of natural waters»*. Nizhny Novgorod, 2007. P. 179—183.
12. Глуховец Д. И., Гольдин Ю. А. Исследование влияния материкового стока на поверхностный слой Карского моря у берегов Новой Земли по судовым и спутниковым данным высокого разрешения // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. Электронный сборник тезисов докладов Пятнадцатой Всероссийской открытой конференции*. 2017. С. 241.
13. Артемьев В. А., Глуховец Д. И., Шатравин А. В. Оптические характеристики вод заливов восточного побережья Новой Земли // *Труды IX Всероссийской конференции «Современные проблемы оптики естественных вод»*. СПб., 2017. С. 70—74.

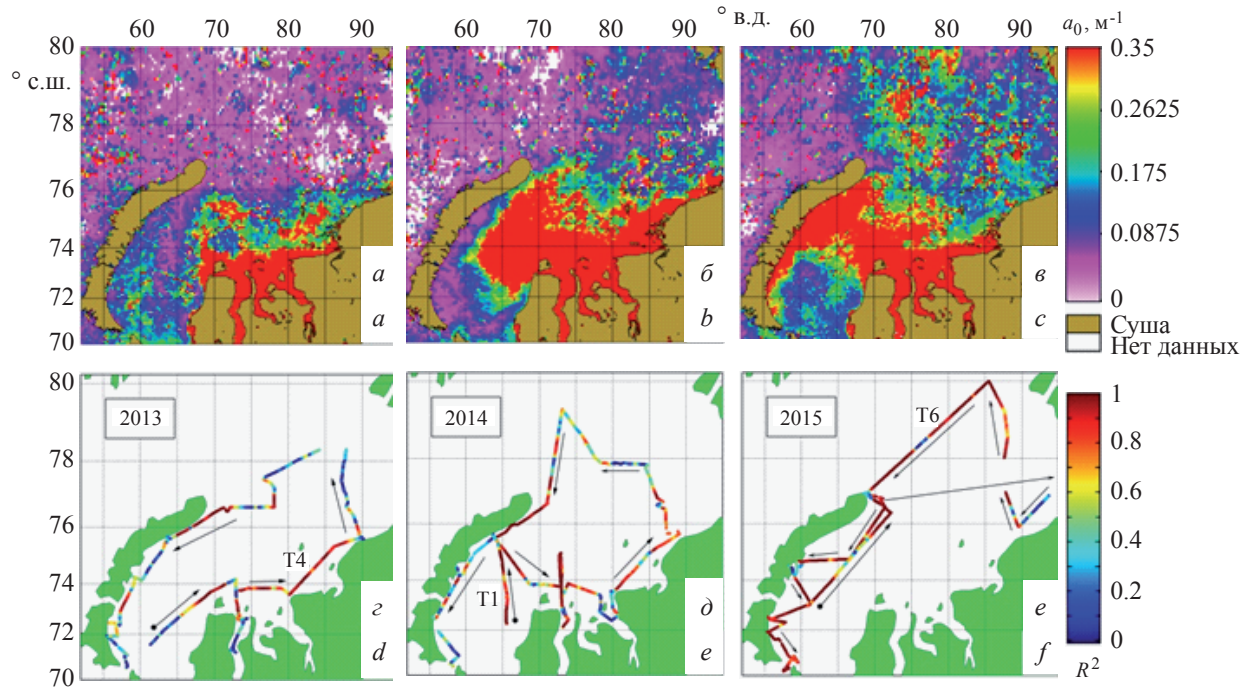


Рис. 2. Карты пространственного распределения показателя поглощения желтого вещества (а, б, в) и маршруты рейсов: 125-й НИС «Профессор Штокман» (з), 128-й НИС «Профессор Штокман» (д), 63-й НИС «Академик Метислав Келдыш» (е).

Вдоль маршрутов цветом показана величина коэффициента детерминации, рассчитанная методом скользящих корреляций. Стрелки — направление маршрутов. Т1, Т4, Т6 — разрезы, соответствующие рисунку 3. Масштаб расчёта $\Delta = 80$ км. Карское море, 2013—2015 гг.

Fig. 2. Maps of spatial distribution of the colored dissolved organic matter absorption (a, b, c) and the routes: 125th of the R/V “Professor Shtokman” (d), 128th of the R/V “Professor Shtokman” (e), 63rd of the R/V “Akademik Mstislav Keldysh” (f).

The R^2 values computed along the routes using a sliding correlations method are shown in the color scale. The arrows show the directions of the routes. T1, T2 and T6 are the transects which corresponds to fig. 3. Scale Δ is 80 km. The Kara Sea, 2013—2015.