

Распределение концентрации взвешенного вещества и хлорофилла в водах Каспийского моря по спутниковым и натурным данным



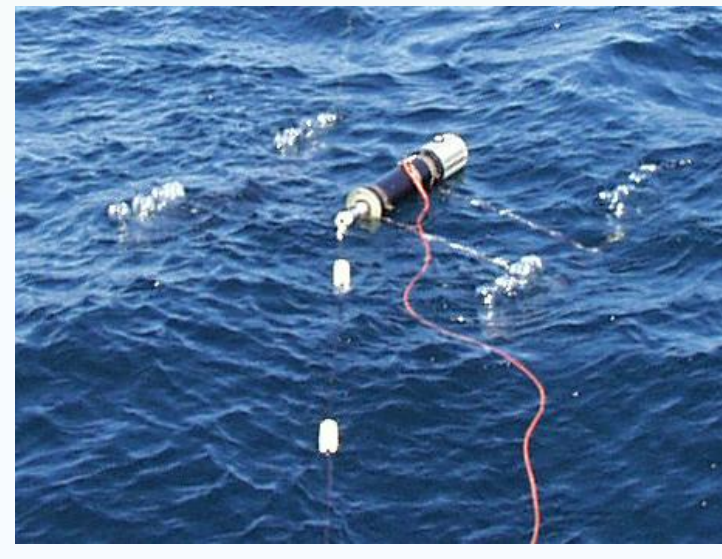
Салинг Инна Владимировна
Институт им. П.П. Ширшова РАН
inna15@me.com

Спутниковые и судовые данные

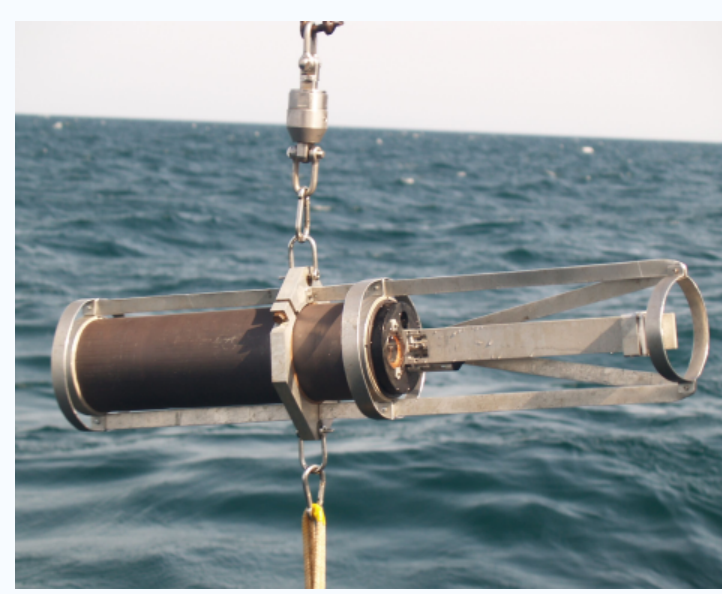
Спутниковые данные второго уровня сканера цвета MODIS-Aqua, использованные в работе, были получены на сайте NASA <http://oceancolor.gsfc.nasa.gov>.

Данные натурных измерений экспедиций НИС «Рифт» 2003, 2004, 2008 и 2012 гг. включали:

- результаты измерений спектральной яркости морской воды плавающим спектрорадиометром (Артемьев и др., 2000);
- данные измерений показателя ослабления света погружаемым прозрачномером PUM-A на дрейфовых станциях в режиме непрерывного вертикального зондирования до максимальной глубины 200 м (Артемьев и др., 2008);
- значения концентрации взвешенного вещества и хлорофилла, полученные посредством прямых определений по стандартной методике на отобранных пробах морской воды.



Плавающий спектрорадиометр



Погружаемый прозрачномер

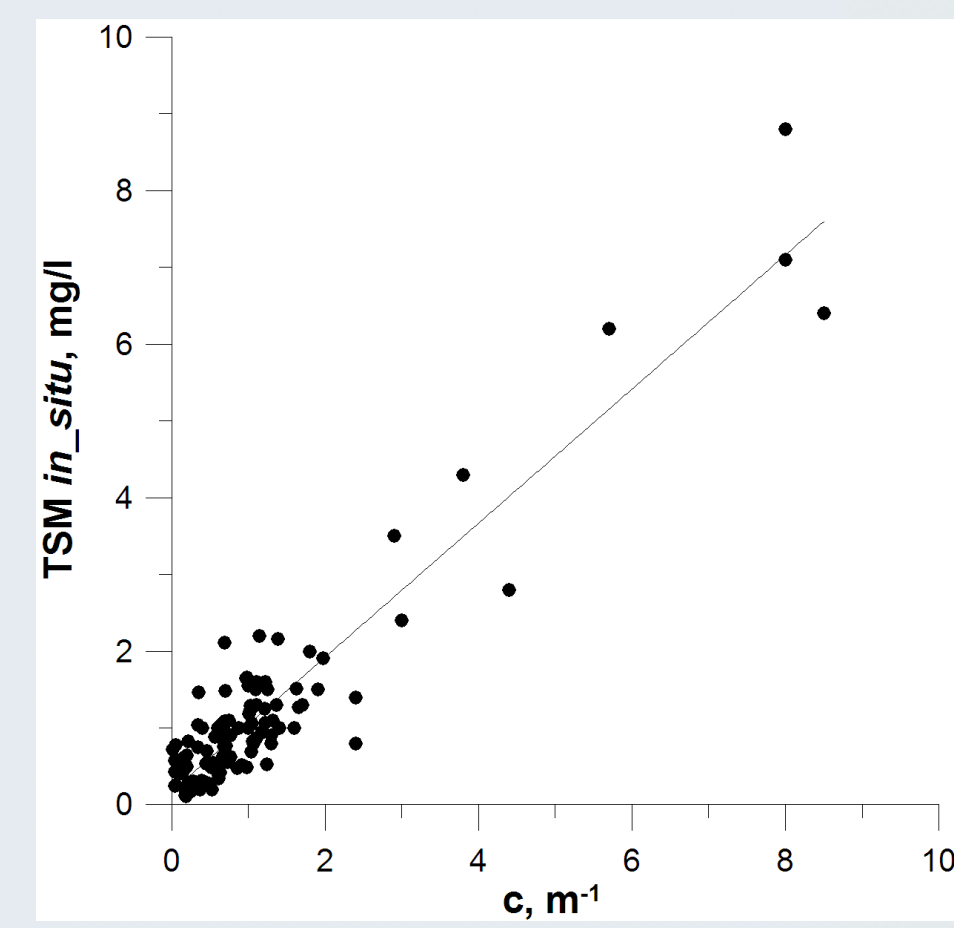
Алгоритмы по спутниковым данным

Концентрация взвешенного вещества (TSM) рассчитывалась через показатель рассеяния назад взвешенными частицами (b_{bp}) (Буренков и др., 2001). Алгоритм для вычисления концентрации хлорофилла был верифицирован через отношение коэффициентов отражения дистанционного зондирования (R_{RS}) на разных длинах волн ($R_{RS}(488)/R_{RS}(547)$). Модифицированные алгоритмы представлены в статье Рыбакова и др., 2012.

Спутниковые данные позволяют оценить пространственное распределение в подповерхностном слое на всей исследуемой акватории, судовые – вертикальную структуру в ключевых «реперных» точках. Первое условие для реализации возможности построения трёхмерного распределения изучаемых параметров – приемлемая стыковка данных, полученных по спутниковым и судовым измерениям.

Алгоритм расчета взвешенного вещества по данным прозрачномера

Для оценки концентрации взвеси на различных глубинах и построения ее вертикального распределения использовались данные измерений показателя ослабления света c . Алгоритм был выведен по данным одновременно измеренных концентраций взвешенного вещества и показателя ослабления c для 32 станций на разных глубинах (2003, 2004, 2008 и 2012 гг.).

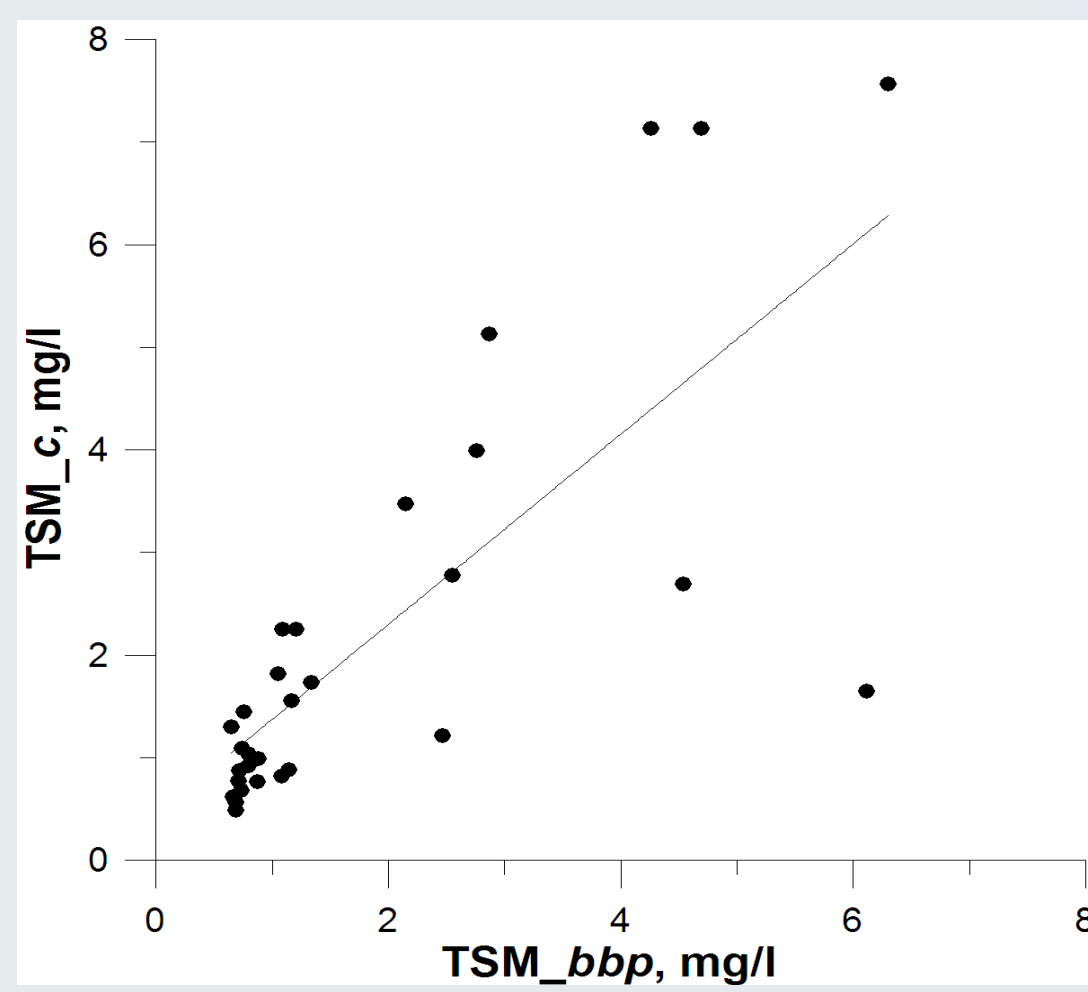


Для расчета использовались 132 пары данных; полученное уравнение регрессии имеет вид:
 $TSM = 0.84 \cdot c + 0.34$,
коэффициент детерминации равен 0.88, ошибка регрессии – 0.14 мг/л.

Разброс точек относительно линии регрессии TSM vs. c; TSM в мг/л, c - м⁻¹

Стыковка значений концентрации взвеси и хлорофилла по спутниковым и судовым данным

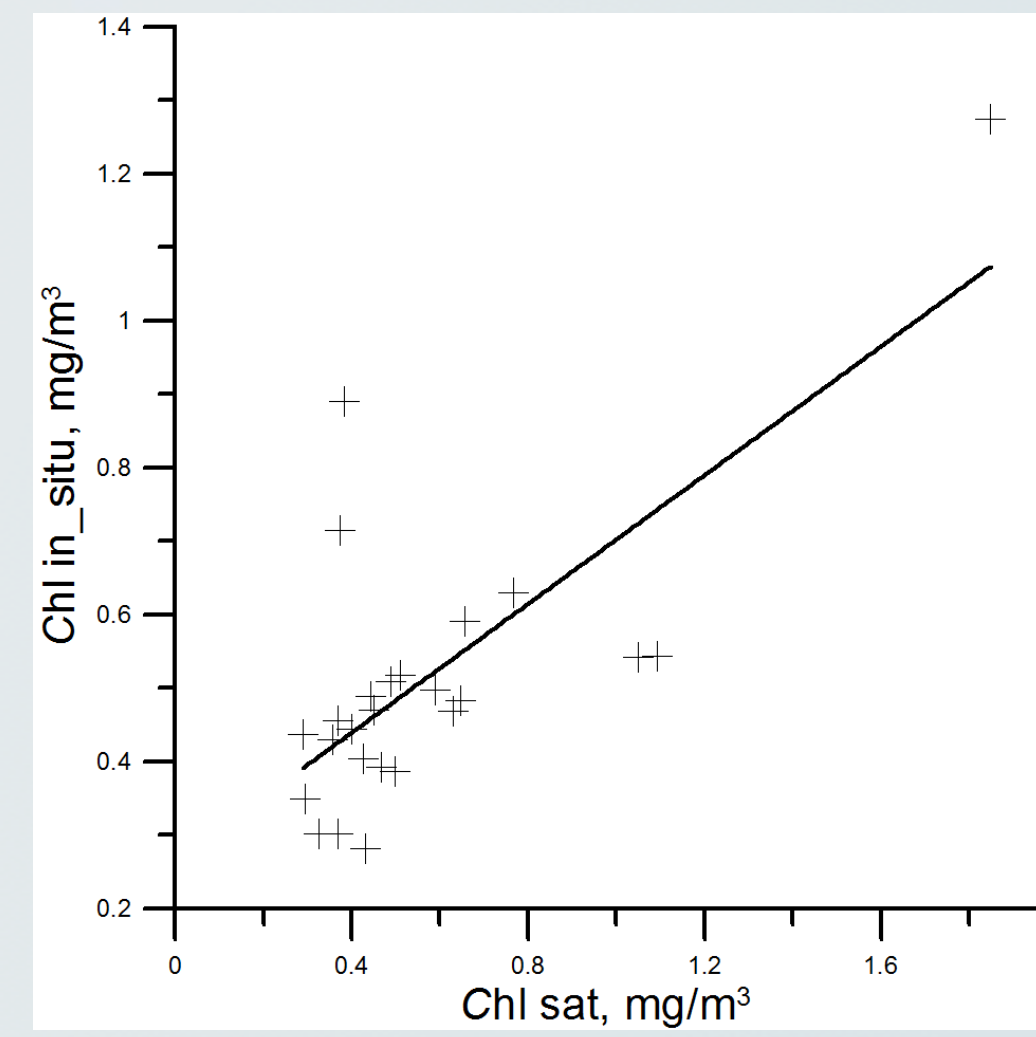
Для проверки совместимости алгоритмов для расчета взвешенного вещества по спутниковым и судовым данным было проведено сравнение данных концентраций взвешенного вещества, рассчитанных по спутниковым данным (TSM_bbp) и через значения показателя ослабления света, измеренных в приповерхностном слое 0-3 м (TSM_c). Для этой цели были отобраны 30 пар данных.



Сравнение значений концентрации взвешенного вещества, рассчитанных через измеренные величины показателя ослабления света (TSM_c) и через показатель рассеяния назад взвешенными частицами (TSM_bbp) по спутниковым данным

Коэффициент детерминации (r^2) оказался равным 0.58. Средние значения были близкими: 2.1 мг/л для величин TSM, рассчитанных через значения показателя ослабления света, и 1.9 мг/л для TSM, рассчитанных через спутниковые данные. Стандартное отклонение данных, полученных с помощью *in situ* измерений было выше, чем полученных спутниковыми алгоритм. 2.3 мг/л по сравнению с 1.7 мг/л соответственно.

Совместимость спутниковых и судовых данных концентрации хлорофилла была проверена на основе сравнения данных, рассчитанных по спутниковому алгоритму (Chl sat) и данных прямых измерений (Chl in_situ).

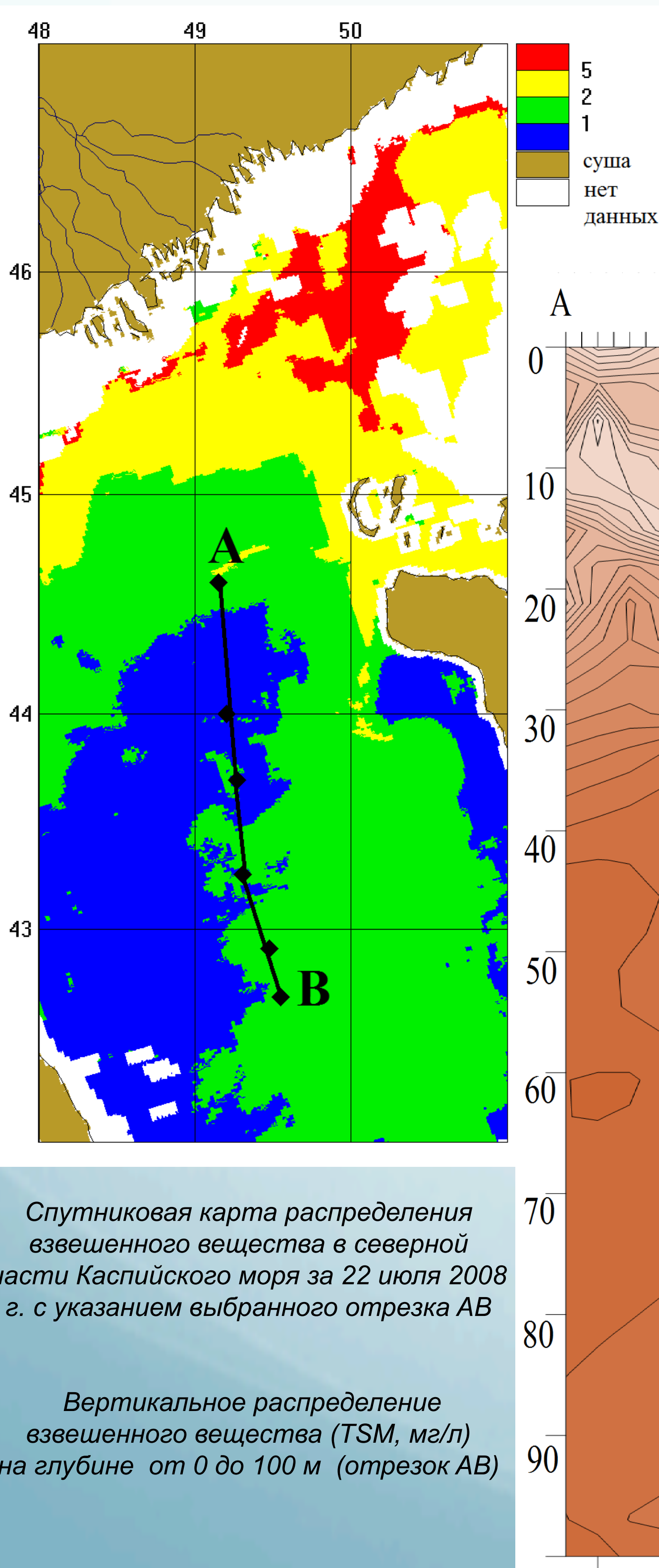


Коэффициент детерминации (r^2) равен 0.51. Средние значения были близкими: 0.56 и 0.51 мг/м³. Ошибка регрессии равна 0.21 мг/м³.

Сравнение значений концентрации хлорофилла, рассчитанных через данные прямых измерений (Chl in_situ) по спутниковым данным (Chl sat)

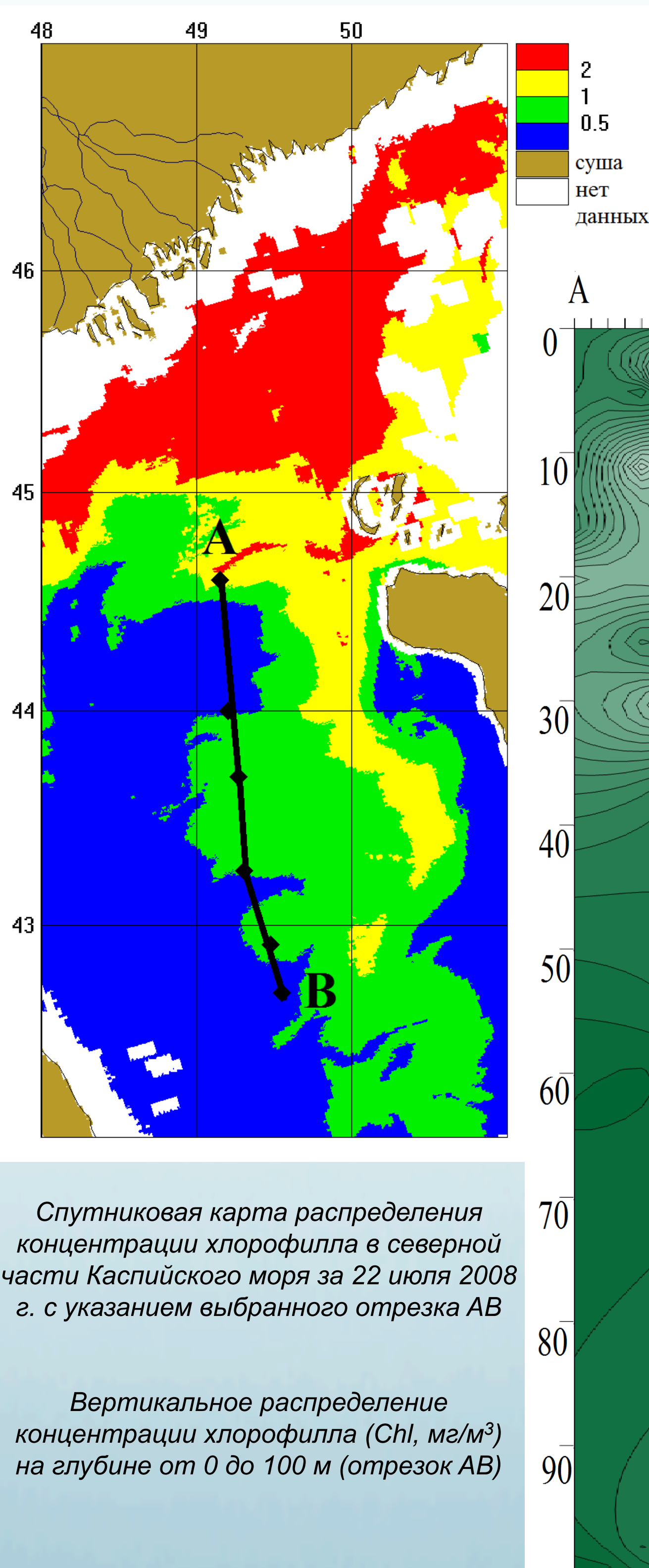
В целом, результаты расчета можно считать адекватными друг другу. Полученные результаты открывают перспективу построения 3-D распределения взвешенного вещества и концентрации хлорофилла в акватории с помощью совместного использования спутниковых данных и измеренных *in situ*.

Пример построения пространственного распределения взвешенного вещества на отрезке АВ



Спутниковая карта распределения взвешенного вещества в северной части Каспийского моря за 22 июля 2008 г. с указанием выбранного отрезка АВ

Вертикальное распределение взвешенного вещества (TSM, мг/л) на глубине от 0 до 100 м (отрезок АВ)



Спутниковая карта распределения концентрации хлорофилла в северной части Каспийского моря за 22 июля 2008 г. с указанием выбранного отрезка АВ

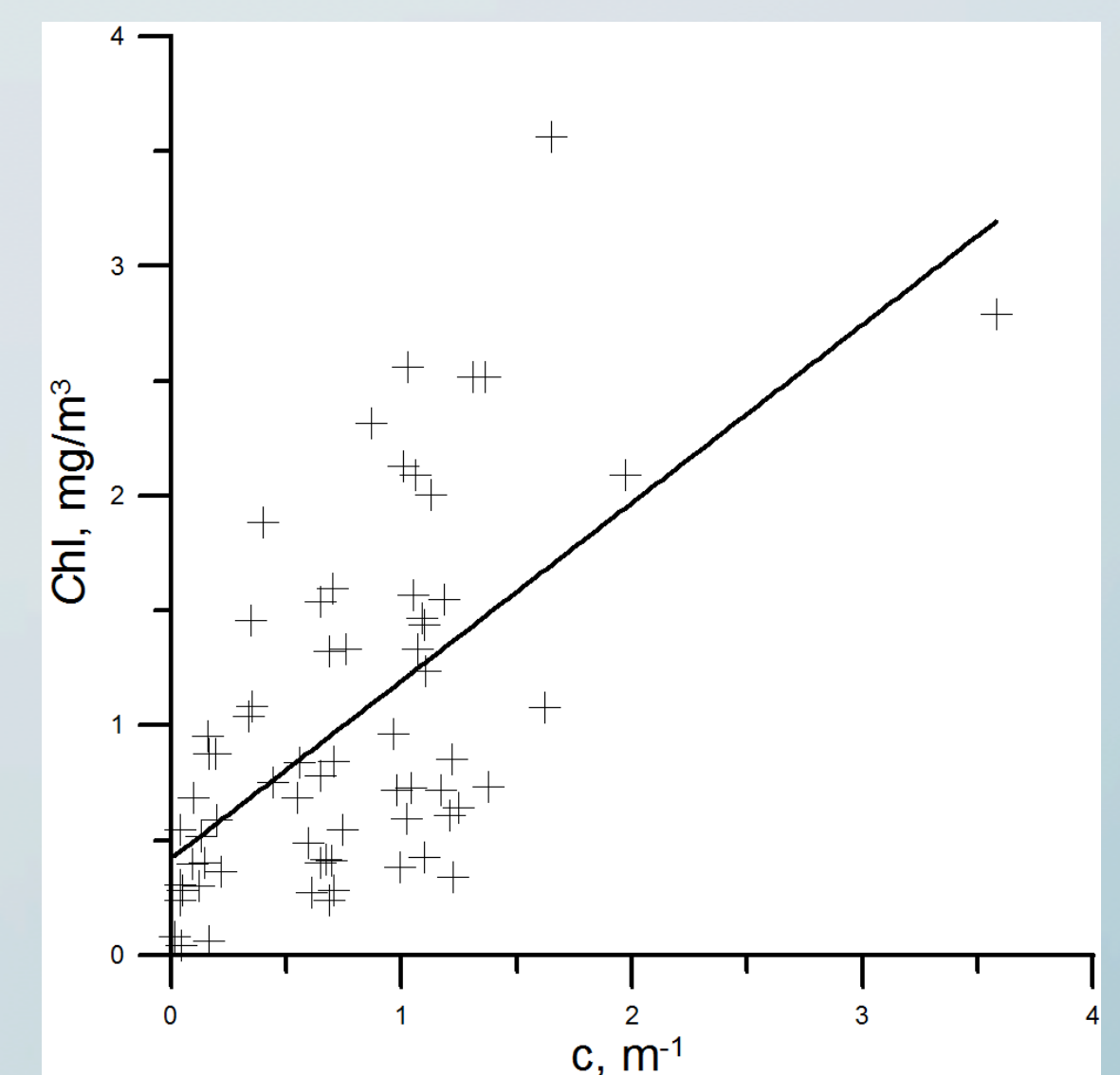
Вертикальное распределение концентрации хлорофилла (Chl, мг/м³) на глубине от 0 до 100 м (отрезок АВ)

Алгоритм расчета концентрации хлорофилла по данным прозрачномера

Для оценки концентрации хлорофилла на различных глубинах также использовались данные измерений показателя ослабления света c . Попытка вывода алгоритма была основана на одновременно полученных данных концентраций хлорофилла и показателя ослабления c для 19 станций на разных глубинах (2008 гг.). Для расчета использовались 67 пар данных; полученное уравнение регрессии имеет вид:

$$Chl = 0.775 \cdot c + 0.42$$

коэффициент детерминации между Chl и c получился равным 0.36, ошибка регрессии составляет 0.37 мг/м³. Поскольку коэффициент детерминации получился слишком мал, на данном этапе выполнения работы алгоритм для вычисления концентрации хлорофилла по показателю ослабления света не может быть выведен.



Разброс точек относительно линии регрессии Chl vs c, Chl в мг/м³, c – м⁻¹

Благодарность

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект №14-50-00095), предоставленного через Институт океанологии им.П.П. Ширшова РАН.

Список литературы

1. Артемьев В.А., Буренков В.И., Вортман, М.И., Григорьев А.В., Копелевич О.В., Храпко А.Н. Подспутниковые измерения цвета океана: новый плавающий спектрорадиометр и его метрология // Океанология, том 40, No. 1, стр. 139-145, 2000.
2. Артемьев В.А., Таскаев В.Р., Буренков В.И., Григорьев А.В. Универсальный малогабаритный измерительный прибор вертикального распределения показателя ослабления света // Комплексные исследования Мирового океана: проект "Меридиан". Том 1. Атлантический Океан. – М: издательство "Наука", 2008. стр.165-172
3. Буренков В.И., Ершова С.В., Копелевич О.В., Шеберстов С.В., Шевченко В.П. Оценка распределения взвешенного вещества в водах Баренцева моря на основе спутникового сканера цвета океана SeaWiFS // Океанология, 41 (5), стр. 622-628, 2001.
4. Рыбакова И.В., Копелевич О.В., Буренков В.И., Шеберстов С.В., Вазюля С.В. Верификация спутниковых биооптических алгоритмов для Каспийского моря по судовым данным. // Современные проблемы дистанционного зондирования земли из космоса. 2012. Т.9. № 4