

УДК 551.465

А.А. Чепыженко¹, вед. инженер,**В.В. Поважный²**, старший науч. сотр., канд. биол. наук,**С.В. Бердников²**, д-р географ. наук, профессор,**В.М. Кушнир¹**, д-р техн. наук, профессор¹Морской гидрофизический институт,

ул. Капитанская, 2, г. Севастополь, Россия, 299011

²Федеральное государственное бюджетное учреждение науки,

Южный научный центр Российской академии наук,

ул. Чехова, 15, г. Ростов на Дону, Россия, 344006

E-mail: annachep87@yandex.ru, povazhnyi@ssc-ras.ru, berdnikovsv@yandex.ru, kushnir41@inbox.ru

ВЗВЕШЕННОЕ И РАСТВОРЕННОЕ ВЕЩЕСТВО В ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЕ**ЮЖНОГО БЕРЕГА КРЫМА ПО ДАННЫМ КОНТАКТНЫХ И****ДИСТАНЦИОННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ**

На основе результатов лабораторных исследований проб морской воды, выполненных в Южном научном центре РАН, представлены эмпирические зависимости концентрации растворенной органики (POB , C_R) от концентраций хлорофилла- a (C_{Chl}) и общего взвешенного вещества (C_S). Рассмотрена возможность и результаты применения современных измерительных средств и методов обработки космических съемок при получении количественных оценок концентраций C_{Chl} , C_S и C_R в акватории, примыкающей к южному берегу Крыма. По данным контактных измерений и космических съемок, выполненных летом 2007 г., выявлены особенности полей концентрации C_S , C_{Chl} и C_R , которые формируют прибрежные структуры размером от 1 до 5...10 км.

Ключевые слова: хлорофилл- a , взвешенное вещество, растворенное органическое вещество.

Введение. Взвесь в морской среде состоит из частиц как минерального, так и органического происхождения. Это могут быть продукты размыва горных пород, обломочный материал вулканических извержений, продукты химических реакций, атмосферная пыль, фрагменты тел и экскременты морских организмов, макро- и мезо зоопланктон, и т. п. Некоторое количество взвешенных веществ попадает в море со сточными водами. Концентрация морской взвеси колеблется в широких пределах от сотых долей г/м³ до нескольких кг/м³. От содержания и свойства взвеси зависят оптические свойства морской воды (прозрачность, цвет, поглощение и рассеяние света). Органическая взвесь служит пищей многим морским организмам.

Взвешенное вещество в морской воде является исходным материалом при образовании донных осадков, а динамика взвеси непосредственным образом влияет на такие литодинамические процессы, как изменение рельефа дна, образование отмелей, размыв и формирование береговой линии, размыв опорных оснований гидротехнических сооружений, буровых платформ, подводных трубопроводов. Исследование структуры и характеристик морской взвеси проводится при проектировании и эксплуатации всех гидротехнических сооружений.

Известны различные методы определения ее концентрации – гравиметрический, оптический, кондуктометрический и акустический. Весовой метод является по существу прямым методом определения концентрации общего взвешенного вещества. Для разделения органической и минеральной фракций используют специальные методики. Весовой метод трудоемок и требует значительного времени для получения результата. В связи с этим активно развиваются различные оптические, кондуктометрические и акустические методы определения концентрации взвеси. Эти контактные методы имеют высокое пространственное разрешение и быстродействие, и, вместе с тем, не позволяют получить данные на значительных акваториях. Для этой цели используют космические съемки оптическими сканерами. При этом для определения концентрации взвеси используется зависимость уровня восходящего излучения на различных длинах волн от концентрации суммарной взвеси [1]. Космические съемки оптическими сканерами типа MODIS, MERIS, VIIRS обеспечивают пространственное разрешение от 250...300 м до одного км при охвате акватории свыше 1000 км. Эти параметры соответствуют условиям мониторинга Азово-черноморского бассейна и Керченского пролива [2].

Разделение суммарной взвеси на минеральную и органическую компоненты рассмотрено в [3]. Такое разделение необходимо для определения параметров динамики рельефа дна и интенсификации размыва береговой линии, оценивания биопродуктивности отдельных морских районов, уточнения оптических характеристик поверхностного слоя моря и решения многих других проблем морской экологии и литодинамики.

Наибольшая доля органического вещества в морской среде представлена растворенными соединениями (растворенное органическое вещество, РОВ). В областях влияния пресного речного стока значительную долю общего РОВ составляет т.н. «желтое вещество», представленное стойкими гуминовыми и фульвокислотами. Эта компонента является одной из экосистемных характеристик водной среды. Для оценки концентрации общего РОВ используют методы лабораторного химического анализа, для оценки концентрации «желтого вещества» разработаны люминесцентные оптические методы [4].

Количественная оценка органического вещества, поступающего с речным стоком в моря и масштабы его осаждения в прибрежных областях и эстуариях, важны для оценки переноса загрязняющих веществ. Это обусловлено тем, что состав РОВ при смешении речных вод с более солёными морскими трансформируется. При этом образуются комплексы с неорганическими и органическими компонентами, растворёнными в воде, в том числе тяжёлыми металлами.

В результате флокуляции происходит переход во взвесь коллоидных частиц гуминовых кислот и, как следствие, увеличение удельного содержания тяжёлых металлов во взвеси [5]. В целом, факторы, влияющие на формирование «желтого вещества» (водного гумуса) как устойчивой части РОВ пресных и морских вод, его динамика и связи с фазами развития фитопланктона при сезонной смене формаций, а также при антропогенных воздействиях в настоящее время изучены недостаточно [5, 6]. В этой связи разработка методов оценки концентрации РОВ контактными и дистанционными методами является актуальной проблемой. Настоящая работа посвящена одному из возможных подходов для ее решения.

Материалы и методы. Для оценки концентрации растворенной органики C_R использованы данные, полученные в Южном научном центре РАН (ЮНЦ РАН) на основе лабораторного анализа проб морской воды, отобранных в различных районах Азово-Черноморского бассейна. Пробы были отобраны в приповерхностном слое моря в течение 2012 г. Измерение концентрации C_R проводилось на CHN-анализаторе Analytic Jena методом УФ-окисления с последующим фотометрическим определением углекислого газа в ИК-области. Одновременно с определением концентрации растворенной органики производились определения концентрации хлорофилла-а C_{Chl} спектрофотометрическим методом по уравнениям Джеффри и Хамфри, а также общего взвешенного материала C_S гравиметрическим методом. Всего было проанализировано 23 пробы.

Анализ зависимостей $C_R = f_1(C_{Chl})$ и $C_R = f_2(C_S)$ показал, что между этими величинами существует отчетливо выраженная взаимосвязь в диапазоне изменения $0 < C_{Chl} \leq 3 \text{ мг/м}^3$ и $0 < C_S \leq 5 \text{ г/м}^3$. Для этого диапазона было отобрано 15 проб. Наилучшее приближение указанных выше эмпирических зависимостей дают следующие соотношения с коэффициентом корреляции, равным R :

$$C_{R1} = 2,159 \ln C_{Chl} + 11,686, R = 0,765; \quad C_{R2} = 4,535 \ln C_S + 8,971, R = 0,725. \quad (1)$$

Эти зависимости показаны на рисунке 1 и 2, 3 на фоне экспериментальных значений концентрации растворенной органики.

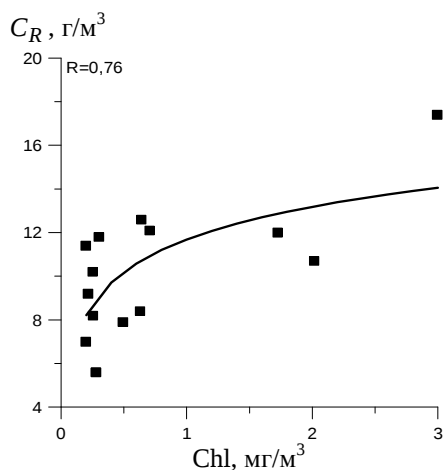


Рисунок 1 – Зависимость концентрации растворенной органики C_R , г/м³ от концентрации хлорофилла-а Chl , мг/м³

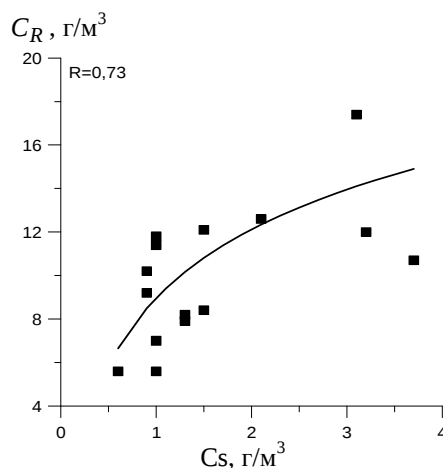


Рисунок 2 – Зависимость концентрации растворенной органики C_R , г/м³ от концентрации общего взвешенного вещества C_S , г/м³

Для повышения точности оценок концентрации растворенной органики целесообразно использовать независимые определения величин C_{Chl} и C_S и метод наименьших квадратов.

$$\varepsilon = \sum_{i=1}^N [(C_R)_i - a_C (C_{R1})_i - a_S (C_{R2})_i]^2. \quad (2)$$

Из условий $\partial \varepsilon / \partial a_C = 0$ и $\partial \varepsilon / \partial a_S = 0$, находим:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^N (C_R C_{R1})_i &= a_C \sum_{i=1}^N (C_{R1})_i^2 + a_S \sum_{i=1}^N (C_{R1} C_{R2})_i \\ \sum_{i=1}^N (C_R C_{R2})_i &= a_S \sum_{i=1}^N (C_{R2})_i^2 + a_C \sum_{i=1}^N (C_{R1} C_{R2})_i. \end{aligned} \quad (3)$$

После подстановки величин C_R, C_{R1}, C_{R2} и решения полученной линейной системы уравнений, находим: $a_C = 0,569$, $a_S = 0,406$. Оценка концентрации растворенной органики выполняется по соотношению:

$$C_R = 0,569 C_{R1} + 0,406 C_{R2} = 1,228 \ln C_{Chl} + 6,649 + 1,841 \ln C_S + 3,642. \quad (4)$$

При этом, коэффициент корреляции равен 0,87, что соответствует повышению точности оценивания величины C_R примерно на 16 % по сравнению с независимыми оценками, приведенными выше.

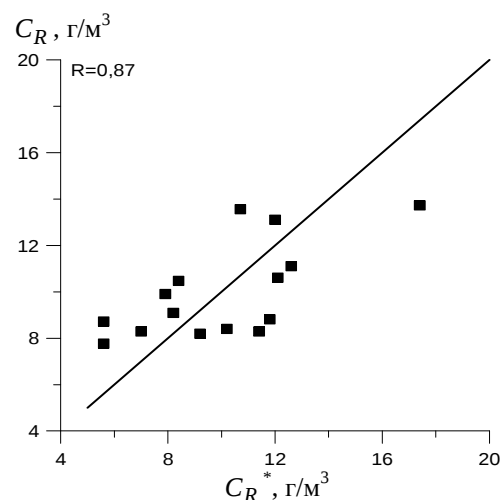


Рисунок 3 – Зависимость концентрации растворенной органики C_R , г/м³, от оценок этой же величины C_R^* на основе данных о концентрации хлорофилла-а и общего взвешенного вещества

Полученная зависимость (4), естественно, не отражает реальных физико-биологических связей между величинами C_S, C_{Chl} и C_R . К тому же оценки $C_R^* = f(C_{Chl}, C_S)$ характеризуются значительной дисперсией. Тем не менее, оценка коэффициента корреляции ($R = 0,87$) между величинами C_R и C_R^* является значимой и это, во-первых, позволяет использовать рассмотренный метод в качестве приближенной оценки концентрации растворенной органики C_R на основе контактных измерений и космических съемок и, во-вторых, указывает на необходимость дальнейшего усовершенствования методов оценивания значений C_R .

Контактные измерения

В последние годы в Морском гидрофизическом институте (МГИ) были созданы несколько модификаций малогабаритных гидрофизических зондов со встроенной памятью, что позволяет использовать их с маломерных судов, без специальных лебедок. Один из таких приборов, зонд «Кондор» [7], представлен на рисунке 4. Он разработан А.И. Чепыженко и предназначен для оперативных исследований биофизических и гидрологических свойств вод прибрежной зоны моря.

В портативном зонде «Кондор» наряду с традиционным СТД – каналами и измерителем течений были включены оптические каналы показателя ослабления света (ПОС) в трех диапазонах видимого спектра – сине-фиолетовом (405 нм), зеленом (532 нм) и красном (660 нм). Дискретность измерений по глубине составляет 10 см, частота измерений – 15 Гц. Основные характеристики измерительных каналов представлены в таблице 1.

Оптический канал 660 нм комплекса «Кондор» используются для косвенных измерений концентрации общей (минеральной и органической) взвеси (C_S , г/м³) в морской среде. Принцип измерения C_S в соответствии со спектрофотометрической методикой основан на измерении ПОС в красной области спектра, т.е. на длине волны 660 нм. Это связано с тем, что в этой области спектра ослабление определяется главным образом двумя характеристиками: чистой водой, для которой ПОС является величиной практически постоянной, и показателем рассеяния взвесью. Относительный вклад последней в изменчивость ПОС в различных водах может составлять до 100 %.



Рисунок 4 – Гидрофизический зонд «Кондор»

Таблица 1 – Основные характеристики гидрофизического зонда «Кондор»

Характеристика	Диапазон	Цена единицы наименьшего разряда	Суммарная погрешность измерения
Температура, °C	-2...35 °C	0,02 °C	± 0,1
Электропроводность, отн.ед. (мСим/см)			
– 1-й диапазон	от 0 до 0,9 (42)	2,44 × 10 ⁻⁴	± 1 × 10 ⁻³
– 2-й диапазон	от 0,62 (26,6) до 1,6 (69)	(0,0105)	(0,04)
Гидростатическое давление, МПа (глубина погружения)	0...1 до 100 м	0,001 0,1м	± 0,003
Показатель ослабления света (ПОС), м ⁻¹ на длинах волн 405, 532 и 660 нм	0,01-2	0,002	±0,005
Скорость течения, см/сек	0,2-100	0,05	0,15
Направление течения, град.	0 - 360	0,5	2

Оптические каналы комплекса «Кондор» в сине-фиолетовой и зеленой частях видимого спектра ($\lambda = 405$ нм) и ($\lambda = 532$ нм) использованы для косвенных измерений концентрации хлорофилла-*a* (мг/м³). Основанием для этого являются известные данные об изменениях перепада ПОС при изменениях концентрации хлорофилла-*a* [8]. На основе этих данных получено следующее соотношение или

$$\log\left(\frac{C(405)}{C(532)}\right) = 0,0125 + 0,0467 \log C_{Chl}, \quad (5)$$

где $C(405)/C(532)$ – отношение ПОС для указанных длин волн.

Интеркалибровка зондов «Кондор» (МГИ) и CTD90M – Probe компании «Sea & Sun Technology GmbH» Germany (ЮНЦ РАН) была выполнена на семи станциях при выполнении совместной экспедиции в Керченском проливе осенью 2011 г. [9]. Синхронные измерения указанными приборами проводились на расстоянии порядка 10 м. Одновременно с поверхности отбирались пробы воды для определения концентрации общего взвешенного вещества и хлорофилла-*a* в лаборатории ЮНЦ РАН по стандартным методикам. В результате было установлено:

1. Интеркалибровка измерителей температуры и солености (по данным измерений электрической проводимости) показала практически полную идентичность измерительных каналов. Небольшие и нерегулярные расхождения данных относительно линии равных значений объясняются естественной изменчивостью морской среды на пространственных масштабах порядка 10 м.

2. Зависимость между показаниями оптического канала на длине волны 660 нм зонда «Кондор» и результатами лабораторных определений гравиметрическим методом концентрации взвеси в ЮНЦ РАН характеризуется коэффициентом корреляции, равным 0,95.

3. Зависимость между показаниями оптических каналов на длинах волн 405 и 532 нм зонда «Кондор» и результатами лабораторных определений концентрации хлорофилла-*a* стандартным спектрофотометрическим методом в ЮНЦ РАН характеризуется коэффициентом корреляции, равным 0,926 [28].

4. По данным синхронных определений концентрации взвеси и хлорофилла-*a* на интеркалибрационных станциях получена следующая эмпирическая зависимость [9]:

$$C_{Chl} = 0,0131C_S^2 + 0,2569C_S + 0,9549. \quad (6)$$

Космические съемки

Для регионального картирования и анализа различных экологически значимых характеристик земной поверхности в настоящее время активно используется безразмерный параметр *NDVI* (Normalized Difference Vegetation Index) или индекс вегетации. Вычисления *NDVI* по данным оптических спутников системы MODIS выполняются по соотношению:

$$NDVI = \frac{L_t(858,5) - L_t(645)}{L_t(858,5) + L_t(645)}, \quad (7)$$

где $L_t(858,5), L_t(645)$ – соответственно яркость, измеряемая бортовым фотометром оптического сканера на длинах волн 858,5 и 645 нм.

Выполненные исследования взаимодействия геоэкосистем суши и моря для северо-западной части Черного моря показали, что индекс вегетации *NDVI* может использоваться в качестве экологического индикатора как для береговой ($NDVI_L$), так и для 50...70 км прибрежной морской зоны ($NDVI_W$). Пространственные распределения $NDVI_W$ для водной среды коррелируют с такими оптико-биологическими параметрами водной среды как концентрация хлорофилла-*a* C_{Chl} и взвеси C_S , прозрачность воды и связанные с ними характеристики [10]. Так как восходящее излучение на длине волны 645 нм пропорционально концентрации минеральной взвеси, числитель оценки $NDVI_W$ [$L_t(858,5) - L_t(645)$] при прочих равных условиях уменьшается, а знаменатель [$L_t(858,5) + L_t(645)$] увеличивается и при этом происходит наблюдаемое увеличение оценки $NDVI_W$. При уменьшении примесей в морской воде увеличивается прозрачность воды и, при существенном уменьшении сигналов восходящего излучения разность, [$L_t(858,5) - L_t(645)$] увеличивается, а оценка $NDVI_W$ уменьшается.

По данным синхронных измерений $NDVI_W$ оптическими спутниками и отбора проб на концентрацию взвеси в северо-западной части Черного моря и в Керченском проливе была получена зависимость концентрации суммарной взвеси C_S от величины $NDVI_W$, которая представлена на рисунке 5.

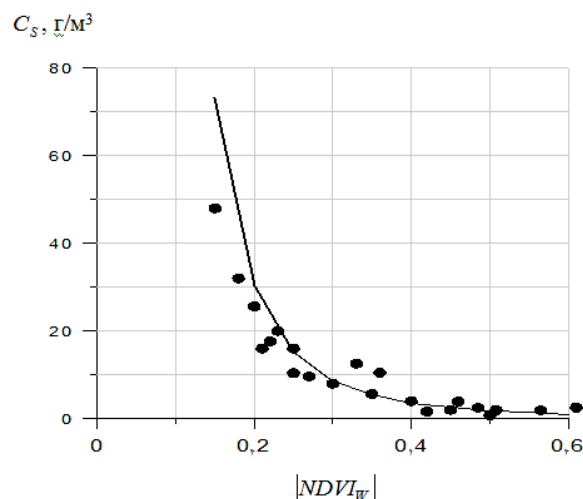


Рисунок 5 – Зависимость суммарной концентрации взвеси от величины $|NDVI_W|$: сплошная линия

$C_S = 0.214 \cdot |NDVI_W|^{-3,07}$ – эмпирическая зависимость для северо-западной части Черного моря,
кружки – данные, полученные в Керченском проливе

Аналогичные исследования, выполненные в прибрежной зоне южного берега Крыма (ЮБК) в 2012 г в целом подтвердили приведенные эмпирические соотношения при существенно меньшей

концентрации взвеси. Для иллюстрации на рисунке 6 показана зависимость концентрации взвеси от величины $NDVI_W$ для указанных условий.

Таким образом, описанные методы и средства контактных измерений и космических съемок могут быть использованы для комплексных исследований рассмотренных параметров морской среды.

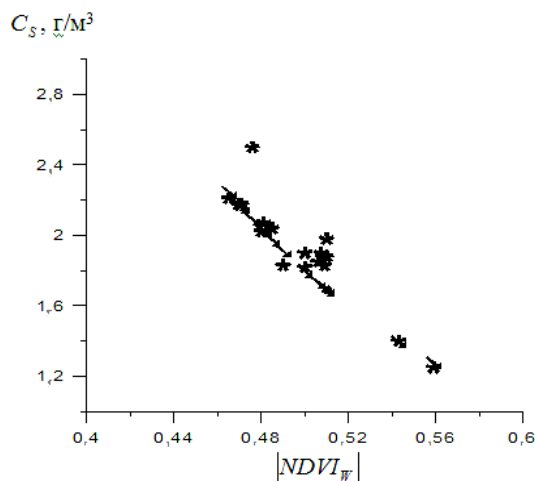


Рисунок 6 – Сопоставление измеренных величин концентрации взвеси на акватории Черноморского экспериментального подспутникового полигона (ЧЭПП) ЮБК (звездочки) с расчетной зависимостью

$$C_S = 0,214 \cdot |NDVI_W|^{-3,07}$$

Результаты

Описанные методы использовались при обработке данных космических съемок и контактных измерений, полученных летом 2007 г в акватории, примыкающей к южному берегу Крыма (ЮБК). Создание системы оперативного мониторинга этого района чрезвычайно важна для обеспечения экологической безопасности и рационального управления прибрежными территориями и акваториями, планирования эффективного рыболовства, туризма, рекреации, аквакультуры, профилактики опасных инфекционных заболеваний [11]. Одним из необходимых элементов такой системы является изучение концентрации взвешенного и растворенного органического вещества в морской среде. Ниже изложены некоторые результаты таких исследований.

В июле 2007 г была выполнена комплексная съемка зоны, примыкающей к ЮБК в виде пяти разрезов, ориентированных от берега в сторону открытого моря. Положение гидрофизических станций на этих разрезах представлены на рисунке 7...9, измерения выполнялись зондом «Кондор», характеристики которого приведены выше. Для этого же периода времени из архива спутниковых снимков системы MODIS были выбраны данные, относящиеся к району съемки. Использовались каналы 645 и 858,5 нм с пространственным разрешением 250 м. На основе приведенных выше зависимостей были вычислены пространственные распределения концентрации хлорофилла-а, общего взвешенного вещества и растворенной органики. Эти распределения приведены на рисунке 7...9 соответственно.

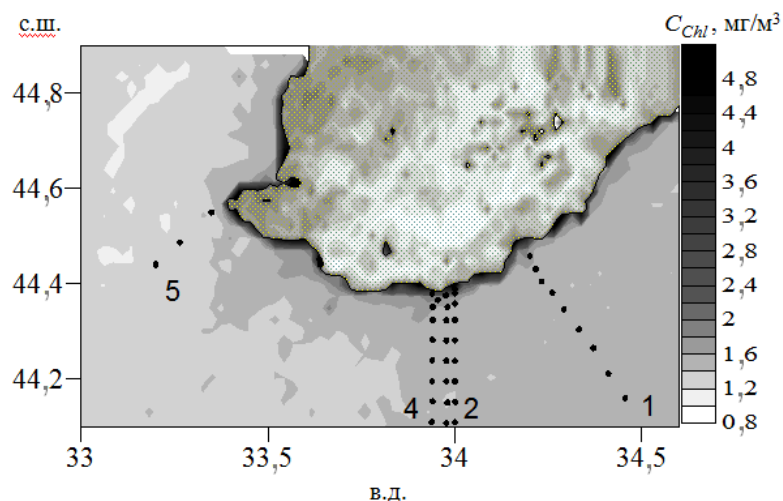


Рисунок 7 – Концентрация хлорофилла-а по данным космической съемки оптическим сканером системы MODIS (2007 г.). Точками показано положение станций зондом «Кондор», указаны номера разрезов, положение станций на разрезах

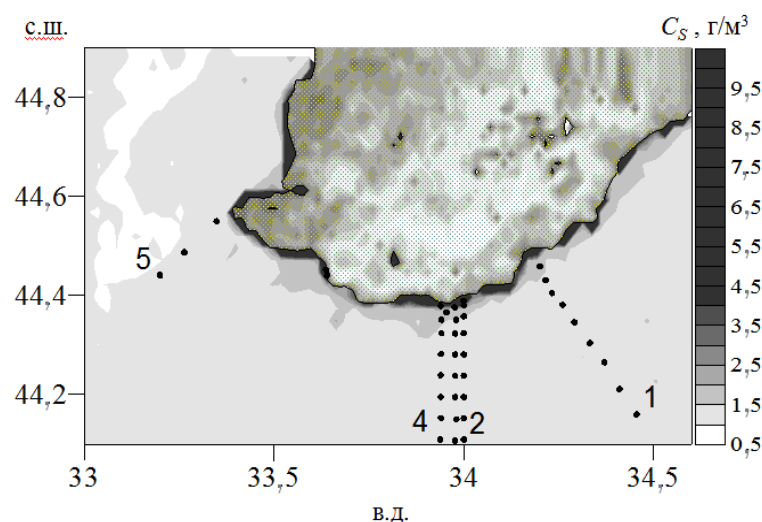


Рисунок 8 – Концентрация ОБВ по данным космической съемки оптическим сканером системы MODIS 2007 г.

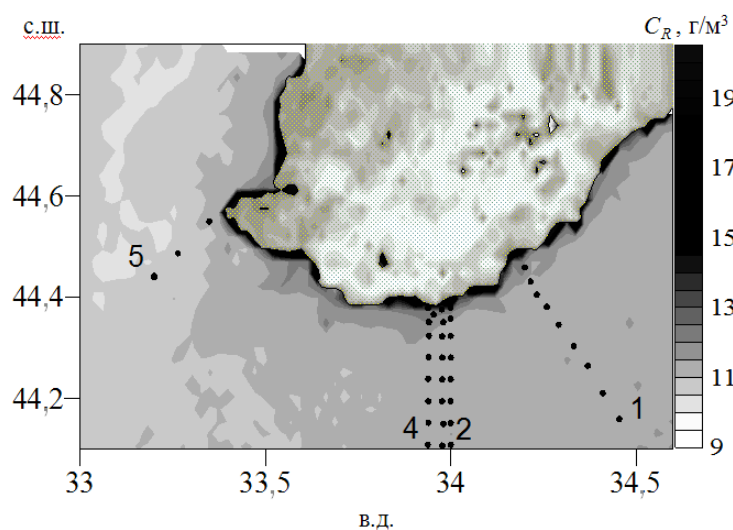
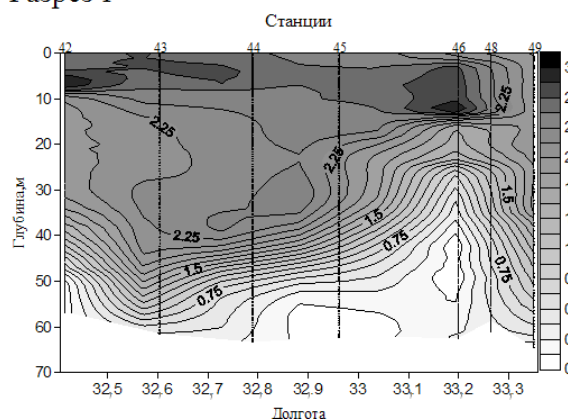


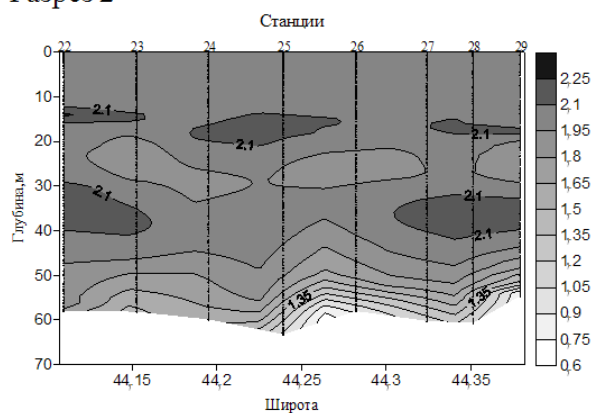
Рисунок 9 – Концентрация растворенной органики по данным космической съемки оптическим сканером системы MODIS 2007 г.

Вертикальна структура C_S, C_{Chl}, C_R представлена на рисунку 10...12 по даним измерений зондом «Кондор», там же приведено положение станций на разрезах 1...5.

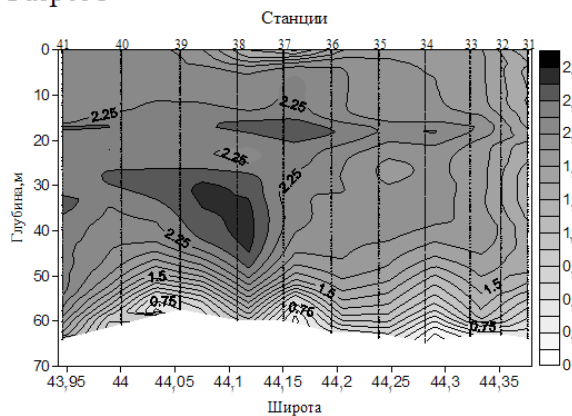
Разрез 1



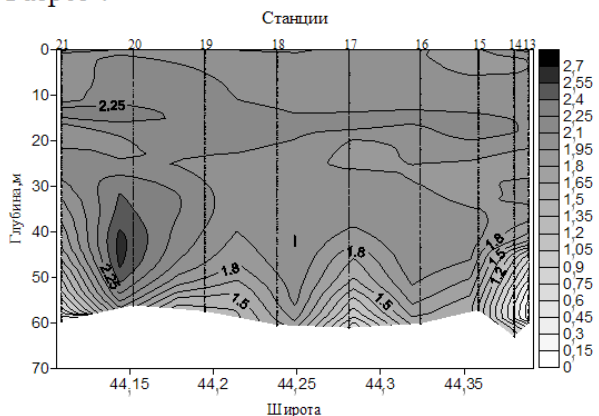
Разрез 2



Разрез 3



Разрез 4



Разрез 5

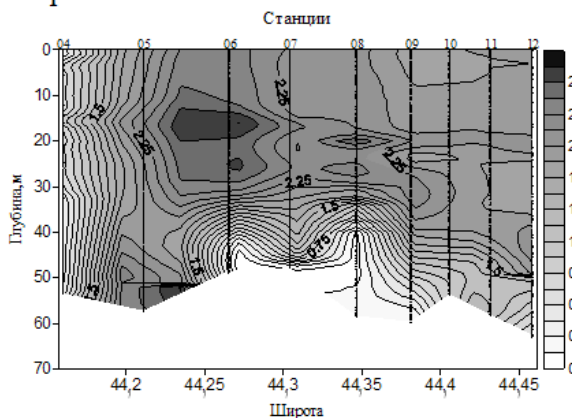
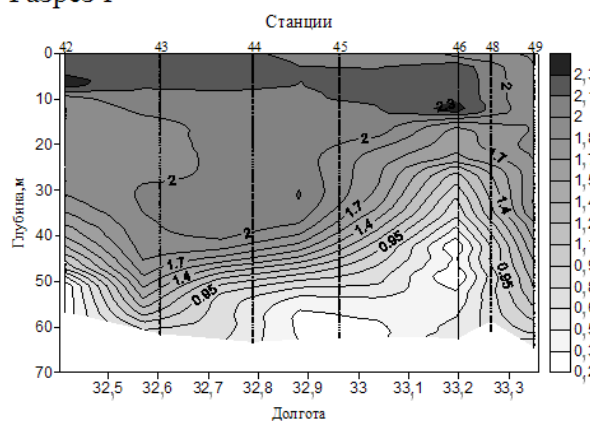
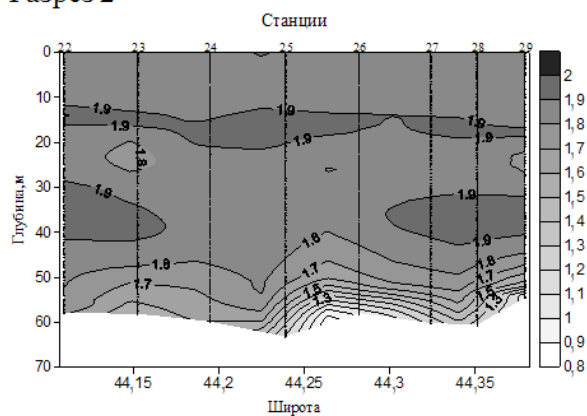


Рисунок 10 – Вертикальная структура C_S на разрезах 01-05 в июле 2007 г.

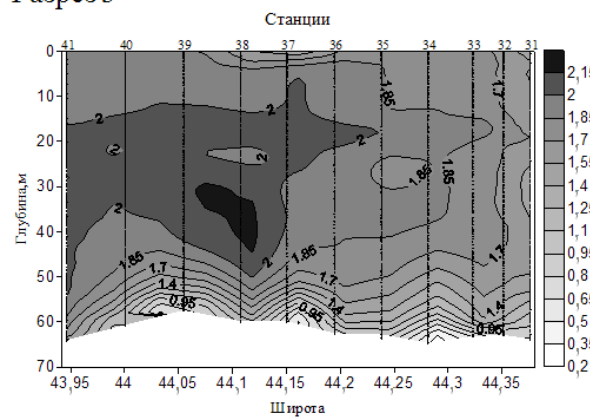
Разрез 1



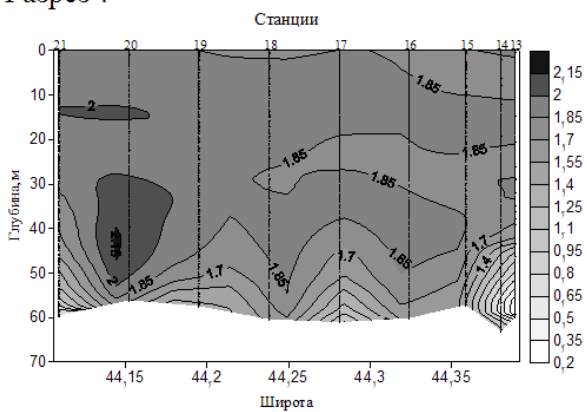
Разрез 2



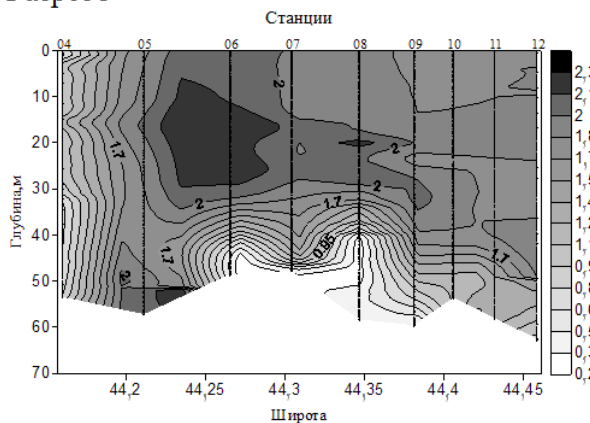
Разрез 3



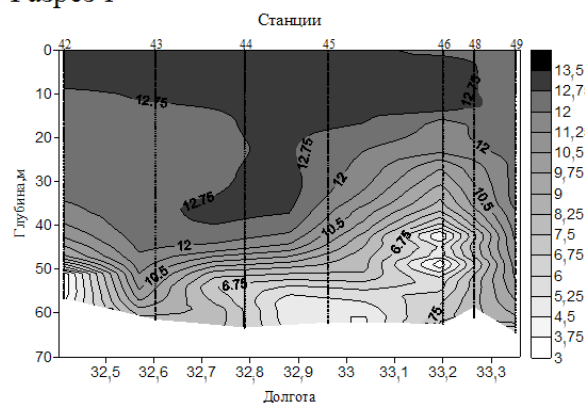
Разрез 4



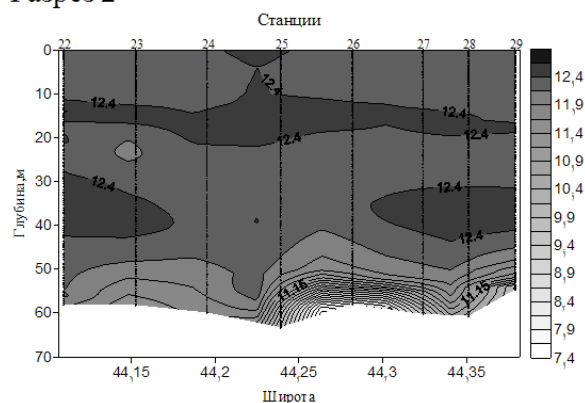
Разрез 5

Рисунок 11 – Вертикальная структура C_{CHI}

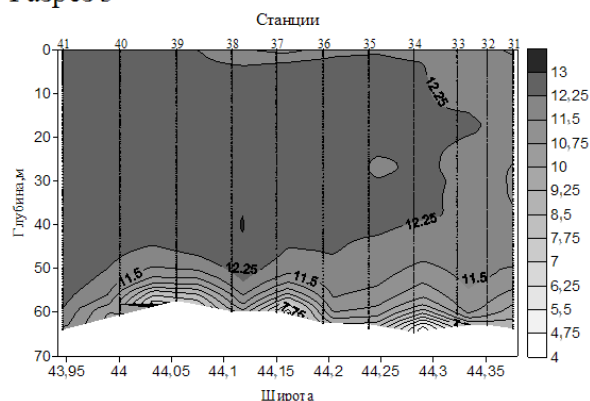
Разрез 1



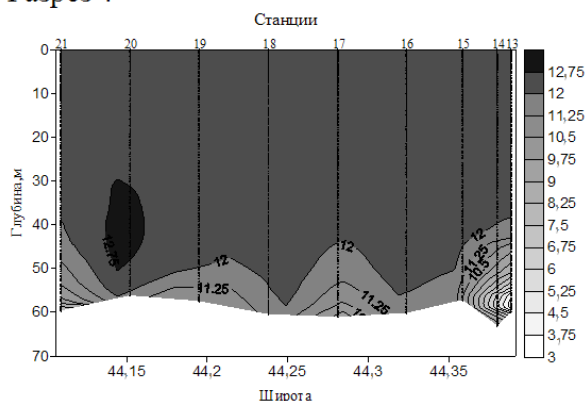
Разрез 2



Разрез 3



Разрез 4



Разрез 5

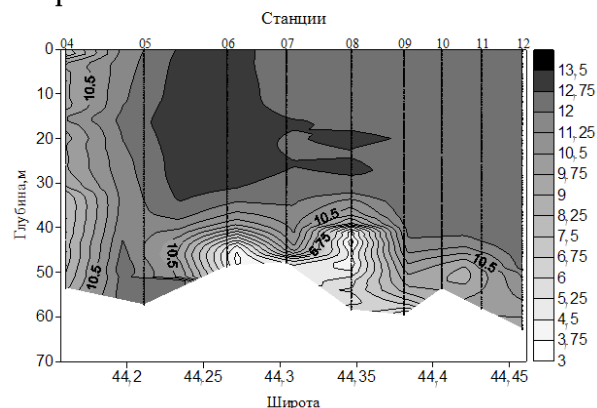


Рисунок 12 – Вертикальная структура C_R , вычисленная по соотношению (4). Учитывая приближенный характер этой зависимости, представленные распределения следует рассматривать как предварительные результаты, нуждающиеся в дополнительных исследованиях

Основные особенности представленных вертикальных распределений анализируемых параметров состоят в следующем:

1. Резкое увеличение горизонтальных градиентов в ближней прибрежной зоне, на расстоянии порядка пяти км от береговой линии 9 разрезы 1, 3, 5). Аналогичные эффекты проявились на космических съемках.
2. Значительная пространственная изменчивость вблизи поверхности дна. Предположительное объяснение этого – взаимодействие прибрежных течений с неровной поверхностью дна.
3. Уменьшение концентрации при увеличении глубины.
4. Квазиоднородная пространственная структура приповерхностного слоя на расстоянии свыше 10 км от берега.

Сопоставление данных контактных и дистанционных измерений концентрации общего взвешенного вещества и растворенной органики по данным контактных измерений и космической съемки показано на рисунке 13 и 14.

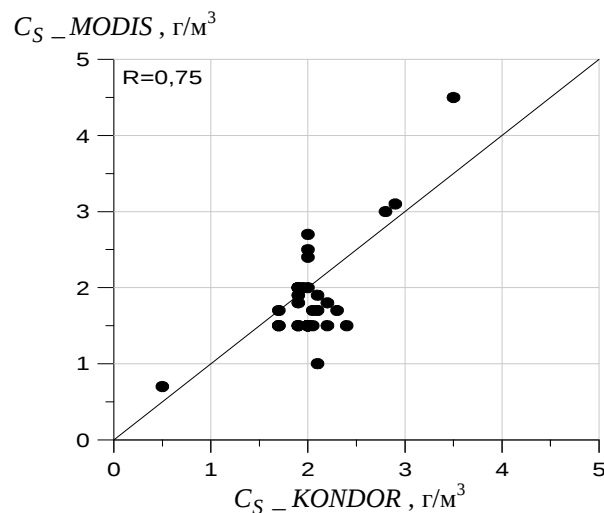


Рисунок 13 – Сопоставление оценок концентрации общего взвешенного вещества C_S по данным контактных измерений зондом «Кондор» и космической съемки оптическим сканером системы MODIS

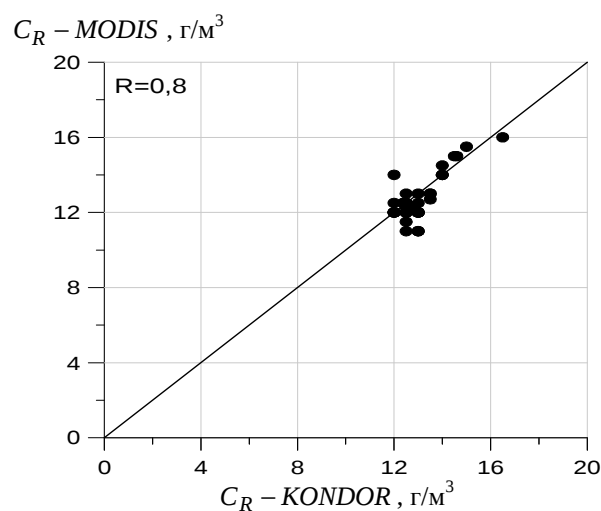


Рисунок 14 – Сопоставление оценок концентрации растворенной органики по данным контактных измерений зондом «Кондор» и космической съемки оптическим сканером системы MODIS

Несмотря на существенную дисперсию, эти данные характеризуются значимой корреляцией 0,75...0,8, что свидетельствует о единстве измерений и о возможности практического использования полученных результатов.

Заключение

1. Основные особенности пространственной структуры концентрации хлорофилла-*a*, общего взвешенного вещества и растворенной органики в акватории, примыкающей к ЮБК, проявляются при различном удалении от береговой линии. В непосредственной близости от берега на расстоянии порядка нескольких сотен метров зарегистрированы относительно высокие концентрации указанных параметров, что, вероятно, связано с антропогенными факторами. Эффект проявился с высокой контрастностью также из-за того, что измерения проводились в разгар курортного сезона (середина июля) при наиболее интенсивном режиме работы многочисленных санаториев, пансионатов и при максимальном количестве отдыхающих.

В меньшей степени, но достаточно отчетливо, прибрежные эффекты проявляются на расстоянии порядка 5...10 км от берега и здесь, вероятно, ключевую роль играют процессы горизонтальной

диффузии оптически-активных веществ. При большем удалении от берега, т.е. на расстоянии свыше 10 км указанные прибрежные эффекты практически не определяются.

2. Использование изложенного в работе метода обработки контактных и дистанционных измерений позволило сопоставить эти данные и тем самым убедиться, что в первом грубом приближении они соответствуют друг другу. Это также позволило, с одной стороны, получить пространственные распределения анализируемых параметров в приповерхностном слое моря на значительной акватории, с другой – особенности их вертикальной структуры.

В вертикальной структуре исследуемых параметров отмечается ряд характерных особенностей, которые в целом соответствуют данным космических съемок. Одной из таких особенностей является уменьшение их концентраций с глубиной. Это может свидетельствовать о том, что источники оптически активных веществ находятся в береговой зоне, а не на дне моря. Эта особенность согласуется с отмеченным выше увеличением концентрации рассматриваемых параметров в ближней прибрежной зоне ЮБК.

3. Учитывая сложный характер взаимосвязи концентрации растворенной органики с концентрацией общего взвешенного вещества и хлорофилла-*a* и относительно небольшое число данных, которые использовались при обосновании методов обработки, представленные результаты следует рассматривать как предварительные и нуждающиеся в проведении дальнейших исследований.

Работа выполнена в рамках Федеральной целевой программы "Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 – 2020 годы", проект RFMEFI60414X0050 «Разработка компьютерной системы оперативного прогнозирования опасных природных явлений в бассейне, береговой зоне и акватории Азовского моря».

Библиографический список использованной литературы

1. Кушнир В.М. Взвешенное вещество и хлорофилл-*a* в Азовском море по данным контактных измерений и космических съемок / В.М. Кушнир, С.В. Бердников // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. — Севастополь, 2010. — Вып. 22. — С. 103 – 115.
2. Кушнир В.М. Характеристики взвеси в Керченском проливе по данным контактных и дистанционных измерений / В.М. Кушнир, С.В. Бердников // Геоинформатика. — Киев, 2010. — № 2. — С. 61 – 67.
3. Кушнир В.М. Минеральная и органическая компоненты взвеси по данным космических съемок и непосредственных измерений в Азовском море и в Керченском проливе / В.М. Кушнир, В.В. Поважный, С.В. Бердников // Морской гидрофизический журнал. — Севастополь, 2014. — № 2. — С. 22 – 31.
4. Миниатюрный прибор "CDOM – Flu для количественной оценки концентрации растворенного органического вещества [Электронный ресурс]. — Электрон. текстовые данные — Режим доступа: <http://ecodevice.com.ua/ecodevice-catalogue/cdom-flu> 18 January 2012
5. Лактионов А.И. О природе растворенного в морской воде органического вещества // Оптика атмосферы и океана. — 2005. — Т. 18, № 11. — С. 983–987.
6. Флуоресценция растворенного органического вещества природной воды / О.М. Горшкова [и др.] // Вода, химия и экология. — 2009. — № 11. — С. 31–37.
7. Портативный гидрофизический зонд «Кондор» [Электронный ресурс]. — Электрон. текстовые данные — Режим доступа: <http://ecodevice.com.ua/ecodevice-catalogue/multiturbidimeter-kondor#more-308> 16 January 2012
8. Voss K.J. A spectral model of the beam attenuation coefficient in the ocean and coastal areas // Limnology. Oceanography. — 1992. — № 37(3). — P. 501 – 509.
9. Результаты комплексных исследований совместной экспедиции МГИ НАН Украины и ЮНЦ РАН в Керченском проливе в осенний период 2011 г. / В.М. Кушнир, С.В. Бердников, А.И. Чепыженко, В.В. Поважный, А.Н. Морозов, О.В. Степаньян // Азовское море, Керченский пролив и предпроливные зоны в Чёрном море: проблемы управления прибрежными территориями для обеспечения экологической безопасности и рационального природопользования сборник статей (по материалам российско-украинского семинара, Ростов-на-Дону, 6 – 8 июня 2011 г.). — Ростов-на-Дону, Изд. ЮНЦ РАН, 2012. — С. 29 – 36.
10. Взаимосвязь параметров береговой и морской среды северо-западной части Черноморского региона по данным мультиспектральных космических съемок / В.М. Кушнир, Г.К. Коротаев, Ф. Коган, А. Повел // Исследование Земли из космоса. — 2010. — № 4. — С. 67 – 76.
11. Мониторинг прибрежной зоны на Черноморском экспериментальном подспутниковом полигоне / под ред. В.А. Иванова, В.А. Дулова. — Морской гидрофизический институт. — Севастополь, НЦП «ЭКОСИ-ГИДРОФИЗИКА», 2014. — С. 526.

Поступила в редакцию 24.09.2014 г.

Чепиженко Г.О., Поважний В.В., Бердников С.В., Кушнір В.М. Зважена та розчинена речовина в прибережній зоні південного берегу Криму за даними контактних та дистанційних вимірювань

На основі результатів лабораторних досліджень проб морської води, виконаних у Південному науковому центрі РАН, представлені емпіричні залежності концентрації розчиненої органіки (C_R) від концентрацій хлорофілу-а (C_{Chl}) та загальної зваженої речовини (C_S). Розглянуто можливість та результати застосування сучасних вимірювальних засобів і методів обробки космічних зйомок при отриманні кількісних оцінок концентрацій C_{Chl} , C_S та C_R в акваторії, що примикає до південного берега Криму. За даними контактних вимірювань та космічних зйомок, виконаних влітку 2007, виявлені особливості полів концентрації C_S , C_{Chl} та C_R , які формують прибережні структури розміром від 1 до 5 ... 10 км.

Ключові слова: хлорофіл-а, зважена речовина, розчинена органічна речовина.

Chepyzhenko A.A., Povazhnyi V.V., Berdnikov S.V., Kushnir V.M. Suspended and dissolved matter in the coastal zone of the southern coast of the Crimea according to contact and remote measurements

On the basis of laboratory research results of the sea water tests executed on the base of the Southern Scientific Center of Russian Academy of Sciences, empirical dependences of dissolved organic matter (ROV, C_R) concentration from chlorophyll-a (C_{Chl}) and total suspended matter (C_S) concentrations are presented. Opportunity and results of application of the modern measuring meters and methods of processing the space shooting is considered when receiving the quantitative estimates of C_{Chl} , C_S and C_R concentrations in the water ambience adjoining the southern coast of the Crimea. According to contact measurements and space shootings executed in summer 2007 the features of C_S , C_{Chl} and C_R fields concentrations, which form the coastal structures from 1 to 5 ...10 km are revealed.

Keywords: chlorophyll-a, total suspended matter, dissolved organic matter.