

Поглощение света фитопланктоном, детритом и растворенным органическим веществом в прибрежном районе Черного моря (июль – август 2002)

Показаны результаты исследования содержания пигментов, биооптических характеристик взвеси и растворенного органического вещества в прибрежном районе моря у берегов Крыма. В условиях меняющейся метеорологической ситуации отмечены высокая вариабельность содержания пигментов в поверхностном слое и их различные вертикальные профили. Неоднородность распределения пигментов по глубине сопровождалась снижением удельных коэффициентов поглощения света фитопланктоном. При этом вклад «детрита» в поглощение не изменялся по вертикали, а его наибольшие величины были связаны со штормовой ситуацией. Установлены зависимости поглощения света фитопланктоном и взвешенным веществом от содержания пигментов и поглощения растворенным органическим веществом от длины волны, которые описываются степенными и экспоненциальными уравнениями.

Существующие алгоритмы оценки концентрации пигментов по спутниковым данным неточно отражают их реальное содержание в Черном море [1]. Одним из факторов, влияющих на спектральные свойства восходящего излучения, является поглощение света взвешенным веществом и растворенными органическими соединениями, присутствующими в воде. Поглощение света взвешенным веществом делится на поглощение пигментами фитопланктона и «детритом», который представляет собой «обесцвеченную» взвесь, состоящую из детрита органического происхождения, неорганической взвеси и клеточных оболочек планктона. Оптические свойства фитопланктона определяются содержанием фотосинтетически активного хлорофилла «а», а также вспомогательных пигментов, количественный и качественный состав которых меняется в зависимости от абиотических условий среды обитания и таксономического состава фитопланктонного сообщества. Это влияет на связь спектральных характеристик фитопланктона с концентрацией хлорофилла «а». Кроме того, светопоглощающие компоненты взвеси различаются по форме спектров и соотношению их вклада в общее поглощение значительно изменяется [1, 2], что может приводить к неоднозначной оценке продуктивности вод по спутниковой информации. В связи с этим для разработки регионального спутникового алгоритма оценки содержания хлорофилла «а» по спектрам восходящего излучения необходимо знание зависимостей между коэффициентами поглощения света всеми компонентами взвеси и концентрацией хлорофилла «а» на разных длинах волн и величины вклада каждого из компонентов в общее поглощение света.

Для решения этой задачи исследовали пространственно-временную вариабельность концентрации хлорофилла «а» и биооптических свойств взвеси, растворенного органического вещества летом в прибрежном районе Крыма.

Материалы и методы

Работа выполнена на океанографической платформе, расположенной в районе поселка Кацивели, в 600 м от берега, на глубине 30 м, координаты платформы 44°23'57" с.ш. и 33°59'07" в.д.. Пробы отбирали 5-литровым батометром с фиксированных горизонтов (0, 4, 8, 12, 16, 20 и 25 м). В период работ с 27 июля по 15 августа 2002 г. выполнено 21 вертикальное зондирование.

Для определения концентрации пигментов и поглощения света взвешенным веществом пробы воды объемом 250 – 500 и 600 – 1000 мл соответственно фильтровали через стекловолокнистые фильтры (*Whatman GF/F*) диаметром 25 мм при вакууме не более 0,2 атм. Фильтры с пробами хранили в дьюаре со сжиженным азотом при температуре -190°C . Измерения проводились в лабораторных условиях в ИнБЮМе НАН Украины.

Концентрацию суммы хлорофилла «а» и его феофигментов (C_{a+f}) измеряли стандартным флюориметрическим методом [3] с модификацией, описанной в работе [4].

Спектральные измерения поглощения света взвешенным веществом выполнены по стандартной методике «количественного определения на увлажненных фильтрах» (*«Quantitative Filter Technique»*) [5 – 7]. Измерения проводили на двухлучевом спектрофотометре *Specord-M40* (*Carl Zeiss Jena*) в диапазоне длин волн 350 – 750 нм. Методика измерений и алгоритмы расчета подробно описаны в [8].

Для измерения поглощения света окрашенным растворенным органическим веществом (ОРОВ) пробы воды предварительно фильтровали через мембранные фильтры *Poretics* (США) с диаметром пор 0,2 мкм с целью удаления взвеси. Оптическую плотность $OD_s(\lambda)$ измеряли в 10-сантиметровых кварцевых кюветах на двухлучевом спектрофотометре *Specord-M40* в волновом интервале 350 – 750 нм, используя для сравнения деионизированную воду. Коэффициент поглощения света растворенным органическим веществом $a_s(\lambda)$ рассчитывали по формуле:

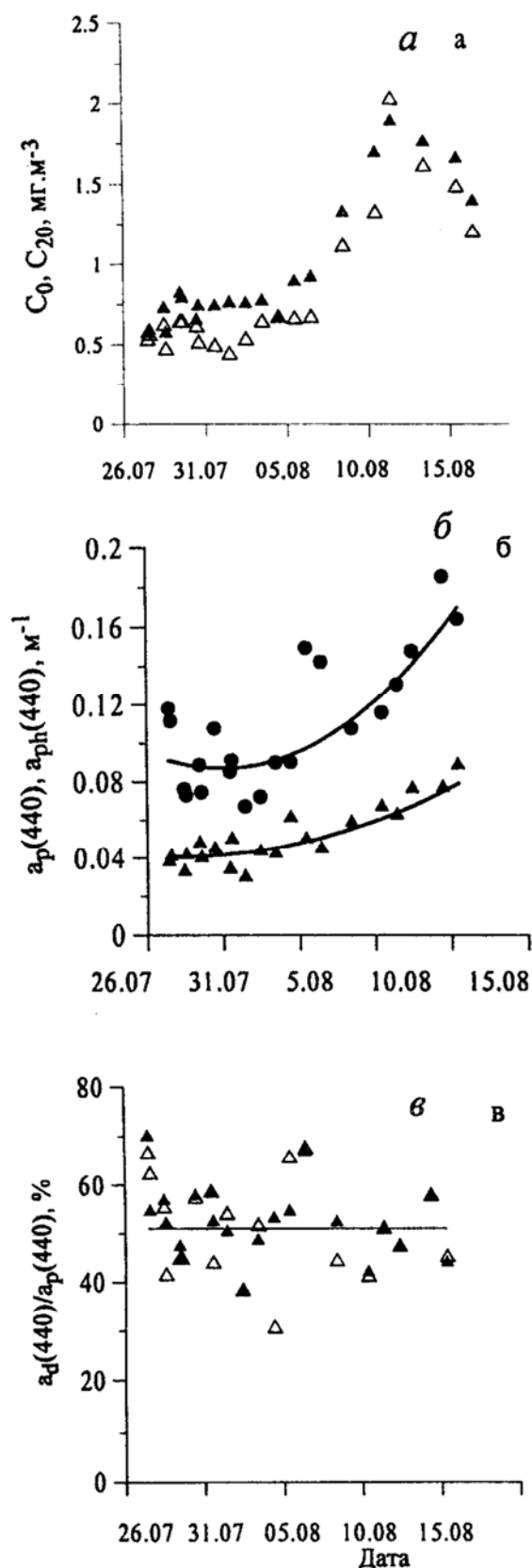
$$a_s(\lambda) = OD_s(\lambda) 10 \cdot 2,3 \text{ м}^{-1},$$

где 10 и 2,3 — коэффициенты для перехода к единицам поглощения в обратных метрах и от десятичных показателей к натуральным.

Результаты

1. Концентрация хлорофилла «а» и феофитина «а»

В районе исследований с 27 июля по 15 августа 2002 г. отмечено существенное изменение C_{a+f} (рис. 1, а; 2). В период с 27 июля по 6 августа содержание пигментов в поверхностном слое находилось в пределах $0,45 - 0,68 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$ в среднем составляя $0,59 \pm 0,069 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$. В дальнейшем произошло резкое повышение величины C_{a+f} , максимальные значения ($2,03 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$) были отмечены 11 августа (рис 1, а). Вертикальный профиль пигментов до 6 августа характеризовался относительной стабильностью величин в слое 0 – 12 м, где C_{a+f} в среднем составило $0,66 \pm 0,10 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$ (рис. 2). В слое 16 – 20 м на большинстве станций наблюдалось повышение концентраций пигментов до $0,9 - 1,2 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$. С 8 по 15 августа концентрация пигментов была значительно выше, чем в начальный период наблюдений. В слое 0 – 16 м величина C_{a+f} находилась в пределах $1,2 - 2,03 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$, снижаясь на больших глубинах (рис. 2).

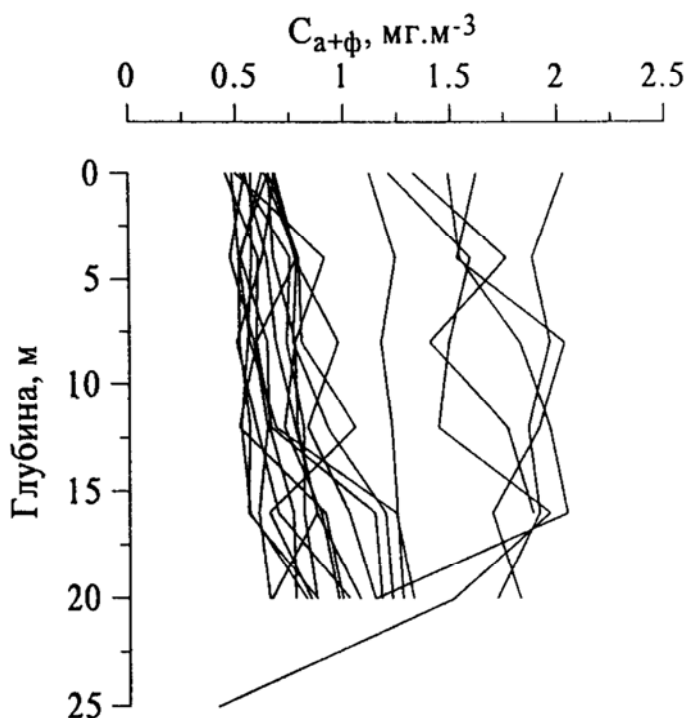


Р и с. 1. Изменение во времени: а — содержания хлорофилла «а» в сумме с феофитином в поверхностном слое — C_0 (светлые треугольники) и в среднем по слою 0 — 20 м — C_{0-20} (темные треугольники); б — коэффициентов поглощения света взвешенным веществом — $a_p(440)$ (кружки) и фитопланктоном — $a_{ph}(440)$ (треугольники) при 440 нм; в — относительного поглощения «детритом» — $a_d(440)/a_p(440)$ в поверхностном слое (светлые треугольники) и в среднем по слою 0 — 20 м (темные треугольники)

2. Поглощение света взвешенным веществом $a_p(\lambda)$, фитопланктоном $a_{ph}(\lambda)$ и детритом $a_d(\lambda)$

2.1. Вертикальная изменчивость. В период работ вертикальное распределение спектральных свойств фитопланктона изменялось. Неоднородность распределения по глубине отмечена в периоды, когда наблюдали увеличение концентрации пигментов с глубиной.

На рис. 3, 4, а показаны результаты исследований, выполненных 28 июля. Содержание $C_{a+\phi}$ изменялось от $0,48 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$ на поверхности до $0,87 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$ на глубине 20 м, при этом удельные коэффициенты (нормированные на $C_{a+\phi}$) поглощения света фитопланктоном $a_{ph}^*(\lambda)$ значительно уменьшались (рис. 3, в). Удельное поглощение в красном $a_{ph}^*(678)$ и синем $a_{ph}^*(440)$ максимумах снизилось с глубиной от $0,022$ до $0,017 \text{ м}^2 \cdot \text{мг}^{-1}$ и от $0,089$ до $0,055 \text{ м}^2 \cdot \text{мг}^{-1}$ соответственно (рис. 5, а). Относительный вклад детрита в общее поглощение взвешенным веществом при длине волны 440 нм — $a_d(440)/a_p(440)$ изменялся по слою в пределах 42 — 61%. В этом случае увеличение концентрации пигментов с глубиной, несмотря на уменьшение удельных коэффициентов поглощения света фитопланктоном, сопровождалось повышением величин $a_p(\lambda)$ (рис. 3, а). В период с 1 по 6 августа отмечена наиболее выраженная вертикальная неоднородность исследованного слоя по биооптическим характеристикам (рис. 4). Концентрация



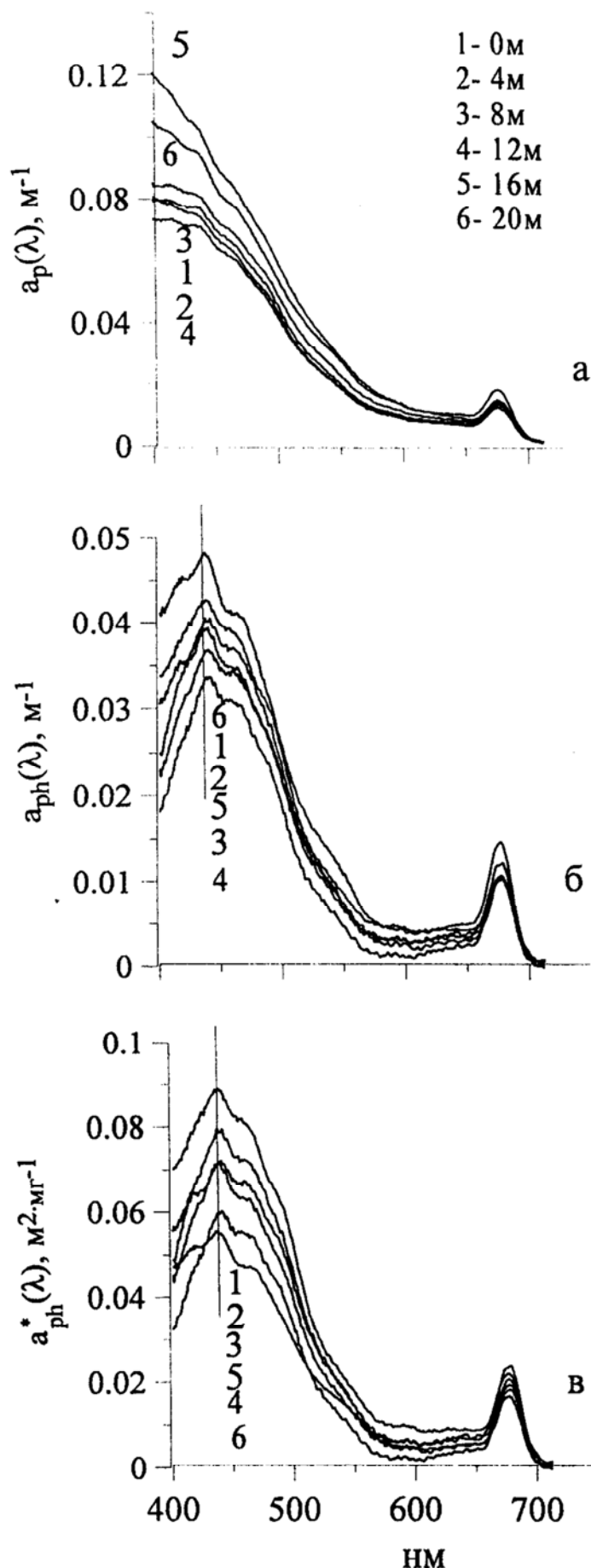
Р и с. 2. Вертикальные профили содержания хлорофилла «а» в сумме с феофитином с 27 июля по 15 августа 2002 г.

следованным параметрам. Примером могут служить данные от 8 августа, полученные после сильного шторма. Содержание пигментов на всех горизонтах было близким ($1,12 - 1,27 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$) (рис. 5, б.) Удельные коэффициенты поглощения света фитопланктоном были относительно низкими и при 678 и 440 нм составляли $0,0139 - 0,0168$ и $0,035 - 0,053 \text{ м}^2 \cdot \text{мг}^{-1}$. Доля детрита в поглощении при 440 нм равнялась 45 – 61%. В этом случае поглощение света всем взвешенным веществом практически не изменялось по глубине (рис. 5, б).

Со временем в вертикальных профилях хлорофилла прослеживается появление слоя с повышенными концентрациями пигментов (рис. 5, в). По данным, полученным 14 августа, слой максимума хлорофилла «а» находился на глубине 16 м. Концентрация пигментов на поверхности в этот день составляла $1,49 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$ и достигала $2,03 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$ в слое максимума. Удельные коэффициенты поглощения фитопланктоном снижались от поверхности к слою максимума: a_{ph}^* (678) — от $0,0209$ до $0,0139 \text{ м}^2 \cdot \text{мг}^{-1}$, a_{ph}^* (440) — от $0,0522$ до $0,0302 \text{ м}^2 \cdot \text{мг}^{-1}$. При этом следует заметить, что коэффициент поглощения света фитопланктоном в слое максимума хлорофилла ($0,0615 \text{ м}^{-1}$) не превышал поверхностных величин ($0,0778 \text{ м}^{-1}$). Однако повышение относительного поглощения света детритом (от 58 до 72%) привело к увеличению коэффициента поглощения света всем взвешенным веществом при 440 нм от $0,186$ на поверхности до $0,222 \text{ м}^{-1}$ на глубине 16 м в слое максимума. Отмеченное различие в характере изменения $a_p(\lambda)$ с глубиной связано с временной динамикой соотношения «детритной» и «фитопланктонной» составляющих поглощения на разных глубинах.

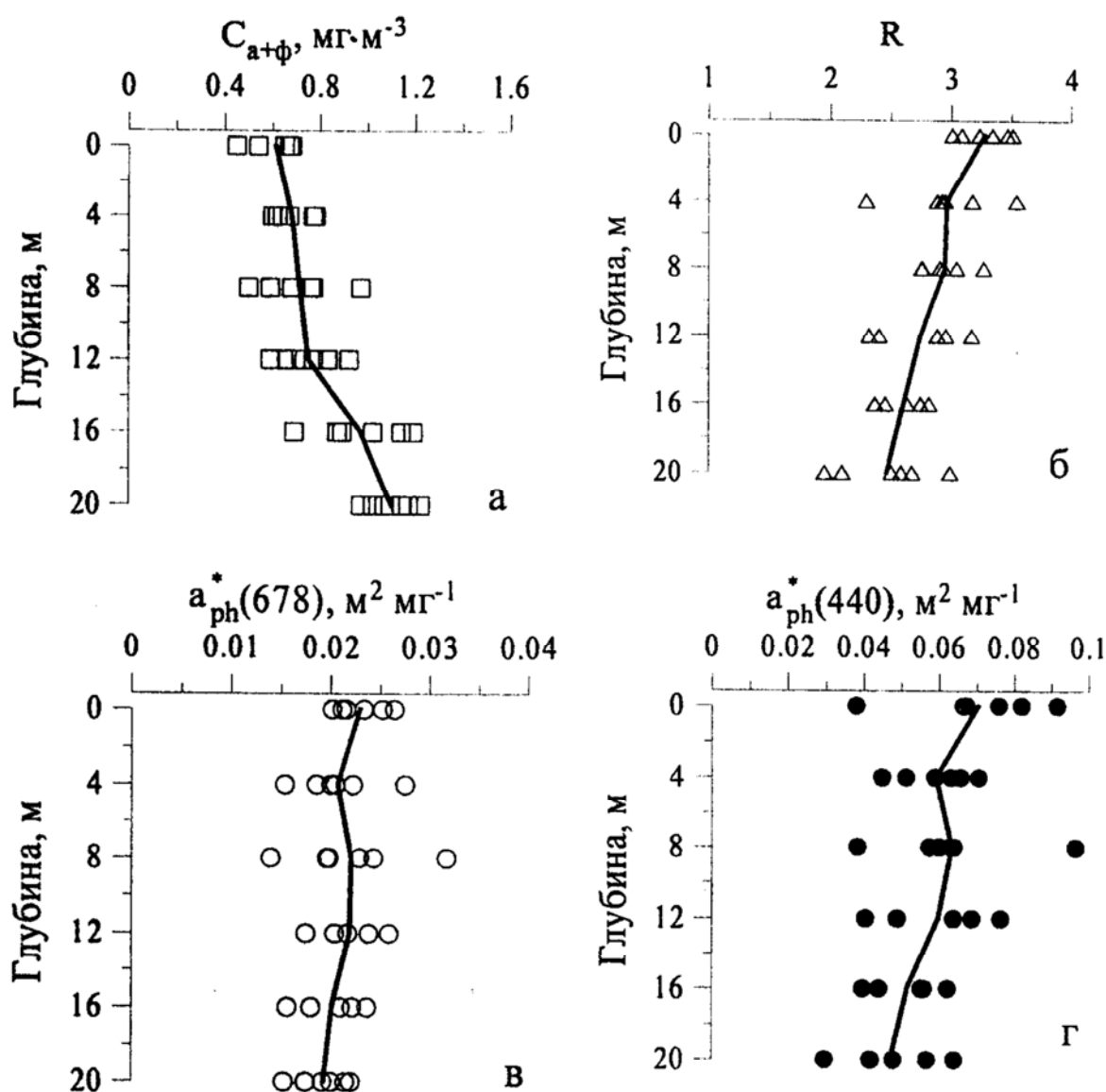
пигментов увеличилась с глубиной от $0,61 \pm 0,08$ до $1,10 \pm 0,08 \text{ м}^2 \cdot \text{мг}^{-1}$. При этом удельные коэффициенты поглощения фитопланктоном a_{ph}^* (678) и a_{ph}^* (440) снижались от $0,0230 \pm 0,0020$ до $0,0192 \pm 0,0019$ и от $0,0702 \pm 0,0129$ до $0,0470 \pm 0,0092 \text{ м}^2 \cdot \text{мг}^{-1}$ соответственно. Соотношение поглощения в максимумах R уменьшилось от $3,27 \pm 0,17$ до $2,47 \pm 0,30$, что свидетельствует о значительном изменении формы спектров.

В отдельные дни слой 0 – 20 м характеризовался относительной однородностью по ис-



Р и с. 3. Спектры коэффициентов поглощения света взвешенным веществом — $a_p(\lambda)$ (а), фитопланктоном — $a_{ph}(\lambda)$ (б) и удельных коэффициентов фитопланктона — $a_{ph}^*(\lambda)$ (в), измеренные 28.07.02 (14.00)

2.2. Временная изменчивость. За период работ отмечено существенное изменение оптических свойств взвеси. На рис. 1, б показана временная динамика коэффициента поглощения света взвешенным веществом в поверхностном слое при длине волны 440 нм — $a_p(440)$. Величина этого параметра к концу эксперимента возросла более чем в два раза. Следует заметить, что временное изменение этого параметра согласуется с изменением содержания пигментов — резкое увеличение этих параметров отмечено после 6 августа (рис. 1, а). Как видно из рис. 1, б, величина коэффициента $a_{ph}(440)$ возросла за исследованный период почти вдвое. Вклад «детрита» в поглощение при длине волны 440 нм, соответствующей синему максимуму в спектре поглощения пигментами, в среднем составлял 51 % и только 14 августа повысился до 58 % (рис. 1, в). Следовательно, повышение коэффициента $a_p(440)$ в течение последней недели эксперимента было обусловлено увеличением поглощения света как пигментами фитопланктона, так и «детритом» практически в равной степени. Единичные высокие значения $a_p(440)$ в начале и в середине эксперимента вызваны эпизодическими «всплесками» величин поглощения света «детритом» до 68 % (рис. 1, в).



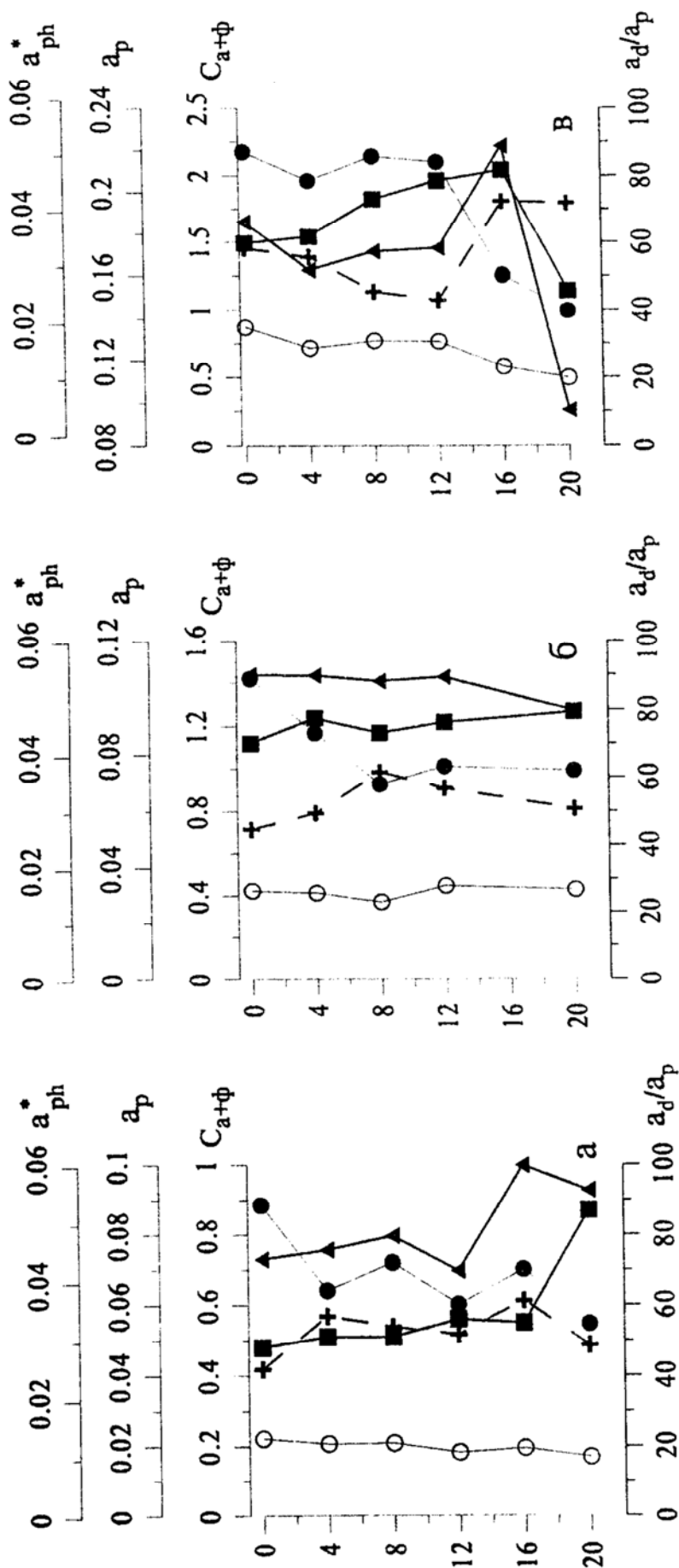
Р и с. 4. Вертикальное распределение биооптических характеристик фитопланктона 1 – 6 августа 2002 г. (сплошной линией показаны средние величины): а — концентрации хлорофилла «а» в сумме с феофитином — $C_{a+ф}$; б — соотношения поглощения в максимумах спектра — R ($a_{ph}(440)/a_{ph}(678)$); в, г — удельных коэффициентов поглощения света фитопланктоном при 678 нм — $a_{ph}^*(678)$ и при 440 нм — $a_{ph}^*(440)$

2.3. Связь коэффициентов поглощения с концентрацией хлорофилла «а».

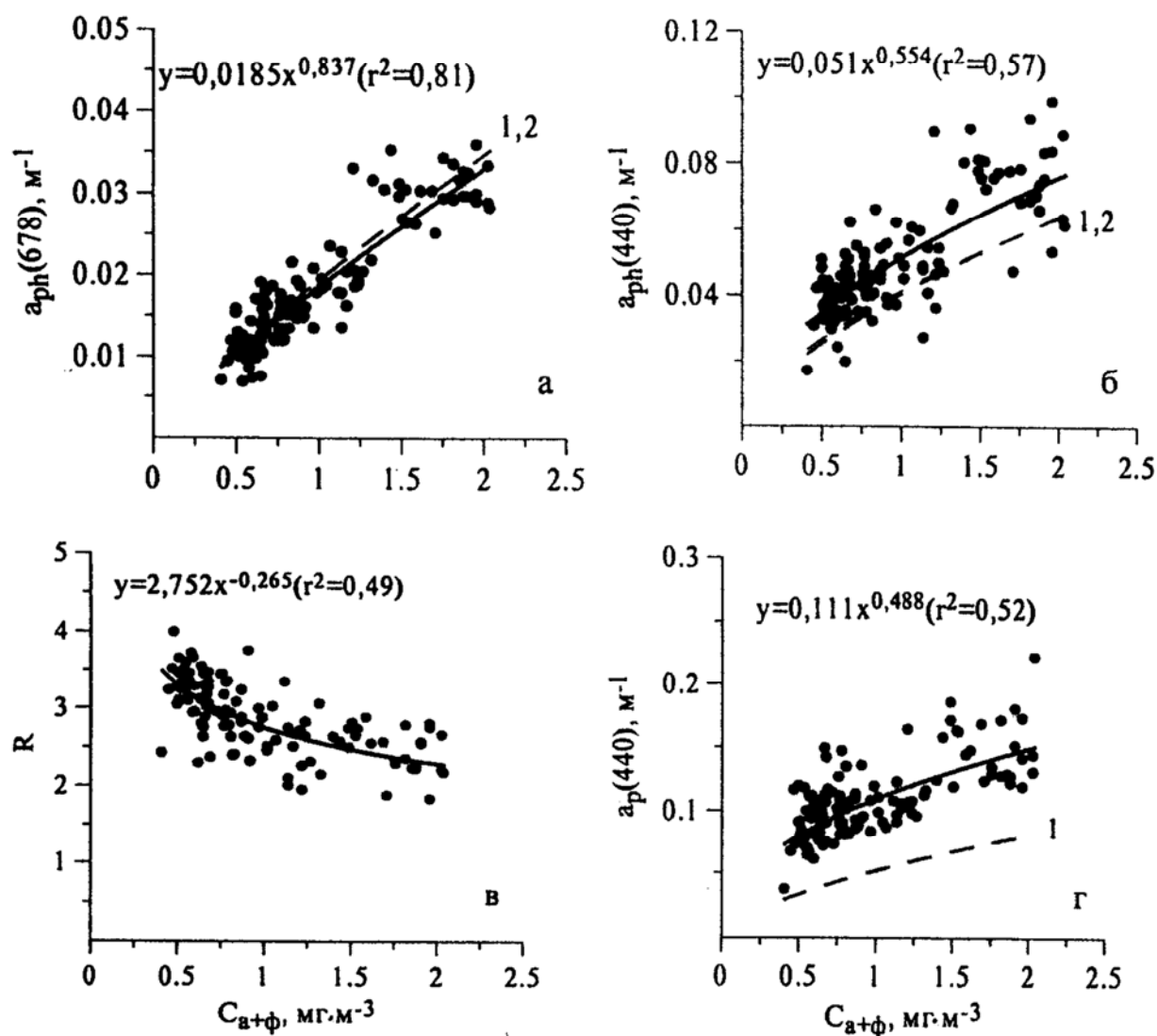
В период работ концентрация $C_{a+ф}$ изменялась в широком диапазоне от 0,45 до 2,03 $мг·м^{-3}$, что позволило проанализировать влияние этого параметра на коэффициенты поглощения света (рис. 6). Получены степенные уравнения, описывающие изменение коэффициентов поглощения света фитопланктоном и в целом для взвеси (таблица).

Коэффициенты степенных ($y = a x^b$) уравнений

Параметры Y	Переменная X	a	b	r^2
$a_{ph}(440), м^{-1}$	$C_{a+ф}$	0,0510	0,554	0,57
$a_{ph}(678), м^{-1}$	$C_{a+ф}$	0,0185	0,837	0,81
$a_p(440), м^{-1}$	$C_{a+ф}$	0,111	0,488	0,52
R	$C_{a+ф}$	2,75	-0,265	0,49



Р и с. 5. Изменение с глубиной содержания хлорофилла «а» в сумме с феофитином — $C_{a+\phi}$ (квадраты), удельных коэффициентов поглощения света фитопланктоном — a_{ph}^* при 440 нм (темные кружки), коэффициентов поглощения взвесью — a_p при 440 нм (треугольники), удельного поглощения «детрита» — a_d/a_p при 440 нм (крестики): а — 28.07.02; б — 08.08.02; в — 14.08.02



Р и с. 6. Влияние суммарной концентрации хлорофилла «а» и феофитина — $C_{a+ф}$ на: а, б — коэффициенты поглощения света фитопланктоном в красном — $a_{ph}(678)$ и синем — $a_{ph}(440)$ максимумах; в — соотношение поглощения в максимумах спектра — R ($a_{ph}(440)/a_{ph}(678)$); г — коэффициент поглощения света взвешенным веществом в синем максимуме — $a_p(440)$. Пунктирной линией показаны зависимости, полученные для океана [11, 13] — 1 и для центральной западной части Черного моря [12] — 2

Наличие степенной зависимости между $a_{ph}(\lambda)$ и $C_{a+ф}$ свидетельствует о снижении удельных коэффициентов $a_{ph}^*(\lambda)$ с ростом содержания пигментов в море. Уравнения, описывающие эти зависимости для синего и красного максимумов, имеют следующий вид:

$$Y = 0,0510x^{-0,446},$$

$$Y = 0,0185x^{-0,163}.$$

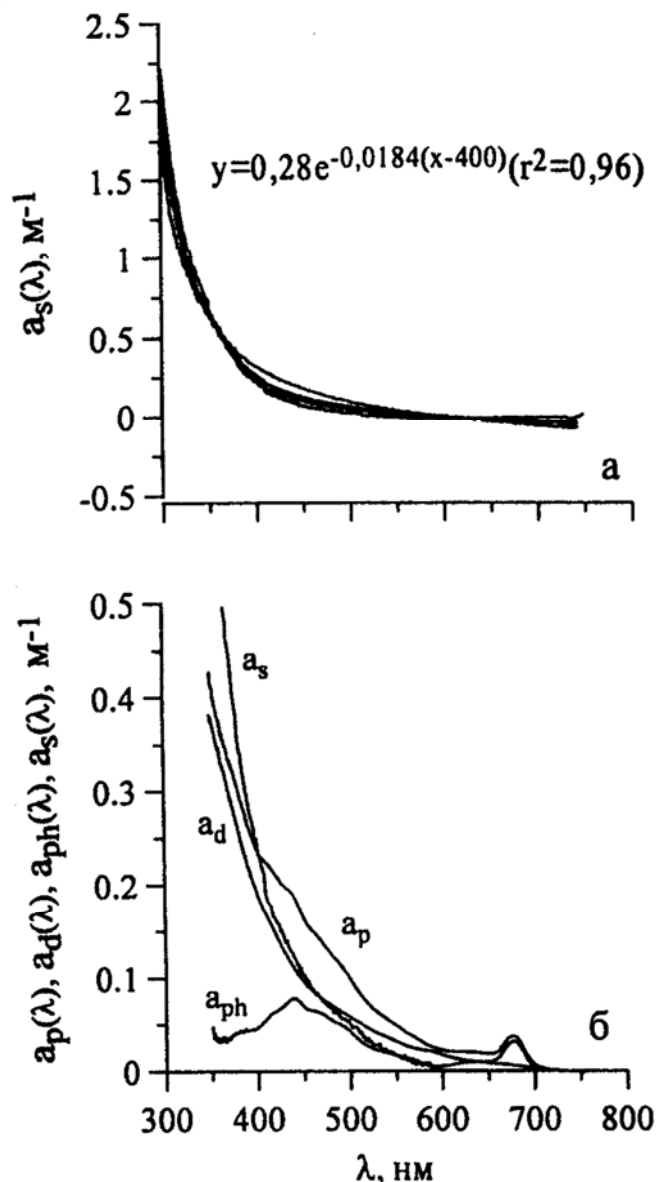
Эффективность поглощения света в синей области спектра снижается в большей степени, чем в красной. В результате этого происходит уменьшение величины R (рис. 6, в). Между параметром R и концентрацией пигментов установлена корреляционная зависимость (таблица).

3. Поглощение света растворенным органическим веществом

На рис. 7, а показаны 4 спектра поглощения ОРОВ $a_s(\lambda)$ в поверхностном слое, измеренные 1 – 15 августа. Получены практически идентичные спектры. В среднем, изменение коэффициента поглощения в диапазоне 300 – 600 нм описывается уравнением

$$Y = 0,28e^{-0,0184(\lambda-400)} (r^2 = 0,96).$$

Сопоставление поглощения ОРОВ с поглощением света взвешенными в воде частицами (фитопланктоном и «детритом») показывает, что в период высоких концентраций пигментов (14 августа) величина $a_s(440)$ близка к $a_{ph}(440)$ и $a_d(440)$ (рис. 7, б). В начальный период работ, когда величины $a_{ph}(440)$ и $a_d(440)$ были примерно вдвое меньше, чем к концу эксперимента, величина $a_s(440)$ была соизмерима с суммарным поглощением всем взвешенным веществом.



Р и с. 7. Коэффициенты поглощения света: а — растворенным органическим веществом; б — взвешенным веществом — a_p , фитопланктоном — a_{ph} , «детритом» — a_d и растворенным органическим веществом — a_s , измеренные 14 августа 2002 г.

В связи с тем, что светопоглощающие компоненты морской среды имеют разные по форме спектры, для оценки роли каждого из компонентов в процессе поглощения света использовали интегральные величины поглощения во всем видимом диапазоне (400 – 700 нм). Для поверхностного слоя получили, что на долю фитопланктона приходится от 16,0 до 32,4 % всего света, поглощенного взвешенным и растворенным веществом. При этом в течение исследованного периода наблюдалось повышение роли фитопланктона в общем поглощении. Вклад неживой фракции в суммарное поглощение практически был соизмерим с долей фитопланктона и составлял 14,6 – 40,3 %. Поглощение света ОРОВ составляло 36,5 – 62,3 %.

Обсуждение

Структурные и функциональные особенности планктонного сообщества в прибрежной зоне моря обусловлены сложной структурой вод, их динамикой и антропогенным влиянием. Метеорологическая обстановка в период исследований была нетипичной для этого времени года. Она характеризовалась сильными ветрами, частыми штормами и изменением направления течений [9], что и определило аномальную биологическую

картину в этом районе. В первую половину эксперимента содержание пигментов в поверхностном слое не отличалось от ранее наблюдавшегося, вертикальный профиль был более сглаженным по сравнению с данными июня 1998 г. и августа 1993 г. [2]. Зафиксированные с 1 по 6 августа повышенные концентрации пигментов в слое 16 – 20 м находились вблизи термоклина [2]. Описанная вертикальная структура типична для спокойной гидрологической обстановки. В прибрежной зоне в отличие от глубоководных районов моря возможны различные типы вертикального распределения пигментов. Так, было показано, что в результате сильного шторма в сентябре 1996 г. активное перемешивание вод привело к размыванию термоклина и образованию гомотермии во всем слое ($\sim 18^\circ\text{C}$) [2]. При этом типичное для лета вертикальное распределение с глубинным максимумом сменилось на однородное распределение пигментов по слою, где величины концентраций составляли $0,7 - 0,8 \text{ мг}\cdot\text{м}^{-3}$ [2]. В настоящих исследованиях в последнюю неделю эксперимента отмечены более высокие величины концентрации пигментов, $\sim 2 \text{ мг}\cdot\text{м}^{-3}$. Вероятно, это связано не только с вертикальным перемешиванием слоя, но и с горизонтальным переносом водных масс и с появлением в районе платформы «чужеродных» богатых вод, что следует из анализа гидродинамики в поверхностном слое по спутниковым снимкам (личное сообщение старшего научного сотрудника Морского гидрофизического института НАН Украины к. ф.-м. н. С.В. Станичного).

Спектральные свойства взвеси являются производными двух составляющих – фитопланктона и «детрита», которые отличаются не только формой спектра, но и факторами, определяющими их вариабельность. Светопоглощающие свойства фитопланктона зависят от количественного и качественного состава пигментного аппарата, на который, прежде всего, влияет изменение условий в среде. Таким образом, уменьшение $a_{ph}^*(\lambda)$ с глубиной зависит от гидрологической и гидрохимической вертикальной структуры вод. В период работ были отмечены разные типы профилей. В относительно спокойных водах, когда на глубинах 16 – 20 м формировался слой повышенных значений $C_{a+ф}$, наблюдали вертикальную неоднородность по спектральным характеристикам: $a_{ph}^*(\lambda)$ и R понижались с глубиной, что связано с изменением степени упаковки пигментов в клетках и доли нефотосинтетических фотопротекторных каратиноидов (рис. 3, 4) [10]. Другой тип вертикального профиля — постоянство $a_{ph}^*(\lambda)$ по глубине. Очевидно, оно соответствовало выравниванию условий среды в слое в результате штормов.

Относительное поглощение света «детритом» в прибрежном районе превышает значения, отмеченные для глубоководного района моря [1]. Для глубоководной части Черного моря получено, что показатель $a_d(440)/a_p(440)$ достигал высоких величин (50 – 60 %) только в период после интенсивного зимне-весеннего «цветения» фитопланктона [1, 8]. Анализ многочисленных данных для разных акваторий Мирового океана показал, что величина $a_d(440)/a_p(440)$ невысока (20 %) и относительно постоянна в широком диапазоне концентраций пигментов [11]. Повышение этого параметра в районе работ было связано со штормами. По-видимому, в прибрежной зоне неживая

компонента поглощения представлена в значительной степени терригенной взвесью.

Сопоставление оптических характеристик фитопланктона и взвеси с хлорофиллом показало наличие корреляционных связей. При этом степенная зависимость $a_{ph}(678)$ от $C_{a+ф}$ практически не отличается от зависимости, полученной нами ранее для поверхностного фитопланктона в западной части Черного моря [12], а также от зависимости, характерной для Мирового океана [11, 13]. Для синего максимума (440 нм) они несколько различаются. Из этого следует, что фитопланктон прибрежного района в летний период при одинаковой степени упаковки пигментов отличался большей долей вспомогательных пигментов. Отличие зависимости между $a_p(440)$ и $C_{a+ф}$ от океанической обусловлено большим вкладом «детрита» в общее поглощение.

В Черном море поглощение света в основном определяется ОРОВ. Спектральные кривые $a_s(\lambda)$ в диапазоне 350 – 600 нм хорошо описываются экспоненциальной зависимостью (рис. 7, а). Полученный нами коэффициент в зависимости $a_s(\lambda)$ от длины волны ($0,0184 \text{ нм}^{-1}$) согласуется со значениями ($0,017 - 0,019 \text{ нм}^{-1}$) для океанических вод в диапазоне 280 – 490 нм [14]. Общий вклад ОРОВ в поглощение света во всем видимом диапазоне превышал взвешенное вещество даже в период его максимальных концентраций.

Авторы благодарны сотрудникам Морского гидрофизического института О.В. Мартынову и Е.Б. Шибанову за помощь при отборе проб.

Работа выполнена в рамках французско-украинского проекта (Лаборатория прибрежной океанографии Университета литорали – МГИ НАН Украины) «Долгосрочные измерения атмосферных, биооптических и гидрологических измерений в Черном море с целью валидации результатов измерений прибора MERIS», а также украинско-американского проекта (NATO Collaborative Linkage grant LST.CLG.977521).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чурилова Т.Я., Берсенева Г.П., Георгиева Л.В., Брянцева Ю.В. Биооптические характеристики фитопланктона в период зимне-весеннего «цветения» в Черном море // Морской гидрофизический журнал. — 2001. — № 5. — С. 28 – 40.
2. Берсенева Г.П., Чурилова Т.Я. Хлорофилл и оптические характеристики фитопланктона в шельфовых водах Черного моря у побережья Крыма // Морской гидрофизический журнал. — 2001. — № 2. — С. 44 – 58.
3. Holm-Hansen O., Lorenzen C. J., Holmes R. W., Strickland J. D. H. Fluorometric determination of chlorophyll // J Cons. Inst. Explor. Mer. — 1965. — № 30. — P. 3 – 15.
4. Юнев О.А., Берсенева Г.П. Флуориметрический метод определения концентрации хлорофилла «а» и феофитина «а» в фитопланктоне // Гидробиол. журнал. — 1986. — 2, № 2. — С. 89 – 95.
5. Mitchell B.G., Kiefer D.A. Chlorophyll a specific absorption and fluorescence excitation spectra for light limited phytoplankton // Deep-Sea Res. — 1988. — 35, № 5. — P. 639 – 663.
6. Yentsch C. S. Measurement of visible light absorption by particulate matter in the ocean // Limnol.Oceanogr. — 1962. — 7. — P. 207 – 217.
7. Mitchell B.G. Algorithms for determining the absorption coefficient of aquatic particulates using the quantitative filter technique (QFT) // Ocean Optics X /Ed.R. Spinrad. — SPIE Bellingham, Washington, 1990. — P. 137 – 148.
8. Чурилова Т.Я. Поглощение света фитопланктоном и детритом в Черном море в весенний период // Океанология. — 2001. — 41, № 5. — С. 719 – 727.

9. *Коротаев Г.К., Хоменко Г.А., Шами М. и др.* Международный подспутниковый эксперимент на океанографической платформе (пос. Кацивели) // Морской гидрофизический журнал. — 2004. — № 3. — С. 28 – 38.
10. *Boutan H.A., Platt T., Kraay G.W. et al.* Bio-optical properties of subtropical North Atlantic. I. Vertical variability // Mar. Ecol. Prog. Ser. — 2000. — 200. — P. 3 – 18.
11. *Bricaud A., Morel A., Babin M. et al.* Variations of light absorption by suspended particles with chlorophyll *a* concentration in oceanic (case 1) waters: Analysis and implications for bio-optical models // J. Geoph. Res. — 1998. — 103, № C13. — P. 31033 – 31044.
12. *Чурилова Т.Я., Берсенева Г.П., Георгиева Л.В.* Вариабельность биооптических характеристик фитопланктона в Черном море // Океанология. — 2004. — 44, № 1. — С. 1 – 10.
13. *Bricaud A., Babin M., Morel A., Claustre H.* Variability in the chlorophyll-specific absorption coefficients of natural phytoplankton: Analysis and parameterization // J. Geoph. Res. — 1995. — 100, № 7. — P. 13321 – 13332.
14. *Копелевич О.В., Люцарев С.В., Родионов В.В.* Спектральное поглощение света «желтым веществом» океанской воды // Океанология. — 1989. — 29, № 3. — С.409 – 414.

Институт биологии южных морей НАН Украины,
Севастополь

Материал поступил
в редакцию 23.09.02
После доработки 08.10.02

ABSTRACT Results of the investigation of pigment content, bio-optical characteristics of particulate and dissolved organic substances in the shelf water near the Crimean coast are presented. High variability of pigment concentration in the surface layer and their different vertical profiles under the changing meteorological conditions are noted. Non-homogeneous pigment distribution with depth is accompanied by the decrease of che-specific absorption coefficients of phytoplankton. In so doing detritus contribution to the absorption does not change with depth, and its maximum values are related to the storm conditions. The dependencies of light absorption by phytoplankton and particulate on pigment concentration, and the dissolved organic matter — on wavelength are described by power and exponential equations.