

Анализ результатов наблюдений и методы расчета гидрофизических полей океана

УДК 551.463.5

В.И. Маньковский, Е.В. Маньковская

Метод определения характеристик эвфотического слоя в Черном море по глубине видимости белого диска в зимне-весенний период

Для вод Черного моря в зимне-весенний период разработан метод расчета характеристик эвфотического слоя по глубине видимости белого диска. Для спектральной области 400 – 700 нм получены формулы связи глубин энергетической и квантовой облученностей на уровнях 0,1 и 0,01 от поверхностной облученности с глубиной видимости белого диска. По формуле связи толщины эвфотического слоя для квантовой облученности с глубиной видимости белого диска построена карта распределения $H_{\text{эвф.квант}}$ в Черном море в весенний период 1995 г.

Ключевые слова: облученность энергетическая, облученность квантовая, эвфотический слой, показатель вертикального ослабления света, глубина видимости белого диска.

Введение. Эвфотическим слоем называют поверхностный слой моря, в котором в результате поглощения фитопланктоном солнечной радиации происходит производство им первичной продукции. При этом важна не вся радиация, а только заключенная в спектральной области 350 – 700 нм, так как излучение с большими и меньшими длинами волн не влияет на процессы фотосинтеза. Эта часть солнечного излучения называется фотосинтетически активной радиацией (ФАР).

Толщину эвфотического слоя $H_{\text{эвф}}$ оценивают по глубине, на которой облученность в области ФАР еще достаточна для производства первичной продукции. Считается, что это происходит на глубине, где (при высоком стоянии Солнца) уровень облученности составляет 0,01 от облученности моря на глубине $H = 0$ м, т. е. непосредственно под его поверхностью. Величину $H_{\text{эвф}}$, как правило, рассчитывают по вертикальному распределению суммарной радиации в спектральной области 350 – 700 нм, однако в ряде случаев ограничиваются спектральным диапазоном 400 – 700 нм. Это объясняется тем, что в области 350 – 400 нм (ультрафиолет) показатели вертикального ослабления света велики и солнечная радиация в этой спектральной области быстро затухает в тонком поверхностном слое.

Для биологических целей важно знать толщину эвфотического слоя для суммарной квантовой облученности $H_{\text{эвф.квант}}$, так как биохимические реакции, протекающие в фотосинтезирующих водорослях, носят квантовый характер. Ее определяют, измеряя в море вертикальное распределение энергетической облученности в области ФАР, и, используя соответствующее соотношение между величинами энергетической и квантовой облученностей, рассчитывают квантовую облученность.

© В.И. Маньковский, Е.В. Маньковская, 2013

Для измерения непосредственно квантовой облученности разработаны специальные фотометры – квантометры. Однако их применение связано с рядом технических трудностей. Кроме того, такой сложный и дорогостоящий прибор не всегда может иметься в наличии у исследователей. Вследствие этого представляют практический интерес более простые методы оценки толщины эвфотического слоя.

В монографии [1] для океанских вод разработан метод расчета вертикального распределения суммарной квантовой облученности в диапазоне 350 – 700 нм по измерениям энергетической облученности не во всей области ФАР, а на длине волны $\lambda = 465$ нм, на которой в океанских водах наблюдается минимум в спектральном распределении показателя вертикального ослабления дневного света. Аналогичный метод представлен в работе [2] для вод Черного моря, для которых предложено использовать измерения вертикального распределения энергетической облученности на длине волны 520 нм (для очень мутных вод на 535 нм).

В статье [3] исследовалась связь толщины эвфотического слоя $H_{\text{эвф}}$ (400 – 700 нм) для энергетической облученности в Черном море с глубиной видимости белого диска Z_6 . Установлено, что между ними имеется хорошая корреляция. Толщина эвфотического слоя при изменении Z_6 в диапазоне 8 – 16 м составляла 22 – 47 м.

Использование белого диска для определения $H_{\text{эвф}}$ привлекает особое внимание ввиду простоты методики этих измерений. В настоящей работе рассматривается метод использования белого диска для определения характеристик эвфотического слоя в Черном море в зимне-весенний период.

Метод расчета $H_{\text{эвф}}$ по глубине видимости белого диска Z_6 . Отправным моментом при разработке предлагаемой методики явилась установленная в работе [4] для вод Черного моря связь между показателем вертикального ослабления дневного света α на длине волны 525 нм и глубиной видимости белого диска Z_6 . По измерениям в весенний период установлено соотношение

$$\alpha(525), \text{ м}^{-1} (\ln) = 1,38/Z_6. \quad (1)$$

В зимне-весенний период (декабрь – апрель) вследствие конвективного перемешивания в верхних слоях моря до глубин 50 – 60 м наблюдается квазиоднородное вертикальное распределение оптических характеристик [4]. Таким образом, величину $\alpha(525)$, определенную по измерениям Z_6 в поверхностных слоях (до глубин ≈ 20 м), можно в квазиоднородном приближении использовать при расчетах и для более глубоких слоев моря.

Для расчетов вертикального распределения в море суммарной облученности необходимо знать спектральное распределение $\alpha(\lambda)$. Такие данные для спектральной области 400 – 680 нм были получены в работе [5] путем обработки осредненных для слоя 0 – 30 м результатов измерений $\alpha(\lambda)$, выполненных в Черном море в весенний период. В результате статистической обработки этих данных были определены коэффициенты связи спектральных величин $\alpha(\lambda)$ с величиной $\alpha(525)$.

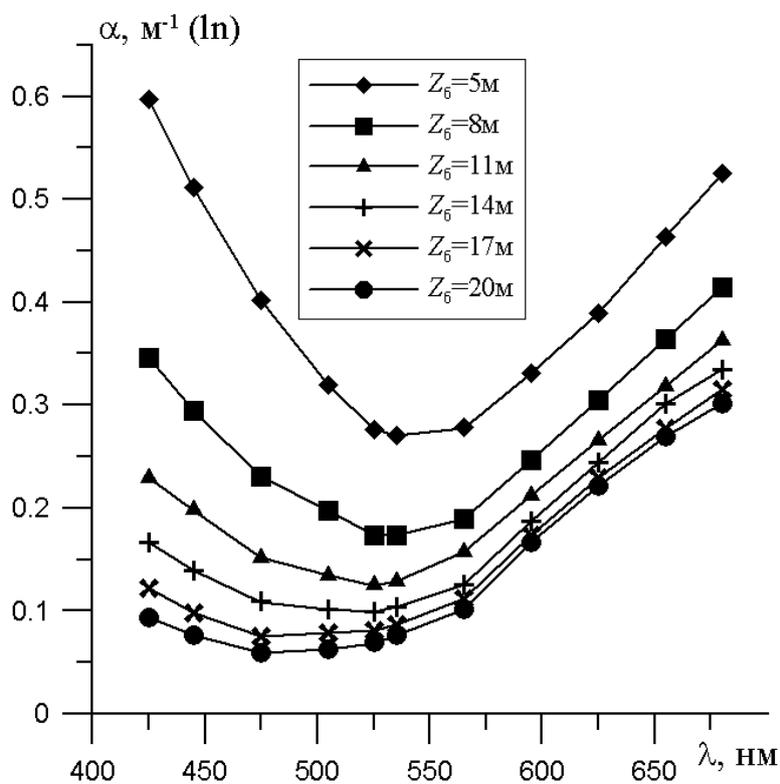
С использованием этих связей были рассчитаны спектральные величины $\alpha(\lambda)$ для вод с разной глубиной видимости белого диска. Они представлены в табл. 1 и на рис. 1. На спектрах видно типичное изменение положения ми-

нимума $\alpha(\lambda)$ в зависимости от прозрачности воды: при $Z_6 = 20$ м он находится в области 465 нм, а при $Z_6 = 5$ м минимум расположен в районе 535 нм.

Т а б л и ц а 1

Спектральные величины показателя вертикального ослабления света $\alpha(\lambda)$, $\text{м}^{-1}(\ln)$ в водах с разной глубиной видимости белого диска Z_6

λ , нм	Z_6 , м					
	5	8	11	14	17	20
400	0,752	0,427	0,275	0,193	0,136	0,073
425	0,597	0,346	0,230	0,167	0,122	0,071
465	0,425	0,242	0,157	0,111	0,074	0,042
500	0,343	0,203	0,138	0,103	0,078	0,050
525	0,276	0,173	0,125	0,099	0,081	0,060
535	0,270	0,173	0,129	0,104	0,087	0,068
620	0,459	0,386	0,352	0,333	0,320	0,306
680	0,722	0,624	0,580	0,555	0,538	0,519



Р и с. 1. Спектральное распределение показателя вертикального ослабления света $\alpha(\lambda)$ в водах с разной глубиной видимости белого диска Z_6

Спектральное распределение солнечной радиации, падающей на поверхность моря, слабо зависит от облачности и высоты Солнца, кроме его высот,

составляющих менее 15°. С учетом этого для расчетов взято типичное распределение энергии Солнца $E(\lambda)$ на уровне моря, представленное в статье [6] для высоты Солнца 30°. В табл. 2 приведены спектральные величины энергетической облученности $E(\lambda)$, а также рассчитанные по ним спектральные величины квантовой облученности $Q(\lambda)$. Величины $Q(\lambda)$ рассчитывались по соотношению

$$Q(\lambda), \text{квант}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{нм}^{-1}\cdot\text{с}^{-1} = \lambda/1987\cdot 10^{19} E(\lambda), \text{Вт}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{нм}^{-1}. \quad (2)$$

Т а б л и ц а 2

Спектральная плотность энергетической $E(\lambda)_0$ и квантовой $Q(\lambda)_0$ облученностей поверхности моря солнечной радиацией при высоте Солнца 30°

λ , нм	$E(\lambda)_0 \cdot 10$, Вт·м ⁻² ·нм ⁻¹	$Q(\lambda)_0 \cdot 10^{18}$, квант·м ⁻² ·нм ⁻¹ ·с ⁻¹
400	5,23	1,05
425	5,85	1,25
450	7,41	1,68
475	8,15	1,95
500	8,27	2,08
525	7,87	2,08
550	7,19	1,99
575	7,72	2,23
600	7,53	2,27
625	7,16	2,25
650	6,89	2,25
675	6,58	2,23
700	6,26	2,21

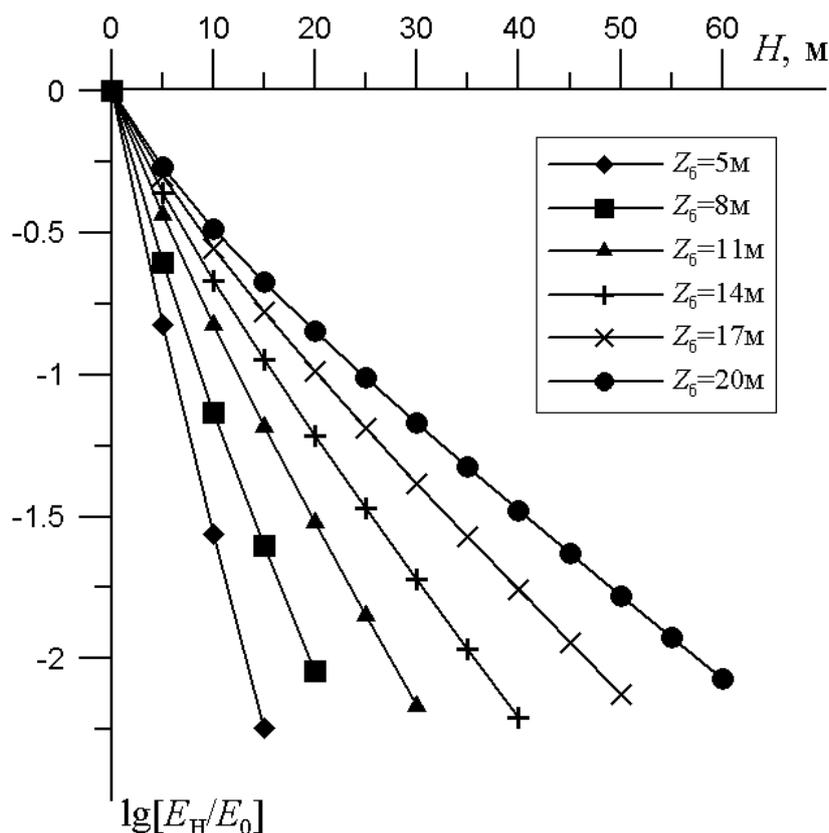
Приведенным в табл. 2 величинам $E(\lambda)_0$ и $Q(\lambda)_0$ соответствуют суммарные облученности в области 400 – 700 нм: $E_0 = 217 \text{ Вт}\cdot\text{м}^{-2}$; $Q_0 = 603 \cdot 10^{18} \text{ квант}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{с}^{-1}$. На нижней границе эвфотического слоя суммарная облученность (с учетом потерь, составляющих несколько процентов, за счет отражения при прохождении радиации через поверхность моря) составит: энергетическая – около $2 \text{ Вт}\cdot\text{м}^{-2}$; квантовая – около $6 \cdot 10^{18} \text{ квант}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{с}^{-1}$.

По данным табл. 1 и 2 рассчитано вертикальное распределение в море энергетической и квантовой облученностей. Область спектра 400 – 700 нм была разбита на 10 интервалов $\Delta\lambda_j$ шириной по 30 нм каждый с длинами волн λ_j в середине интервалов: 415; 445; 475; 505; 535; 565; 595; 625; 655; 685 нм. Облученность в каждом из интервалов на глубине H рассчитывалась как

$$\Delta E_H = E(\lambda_j)_0 \exp[-\alpha(\lambda_j)H] \Delta\lambda_j, \quad (3)$$

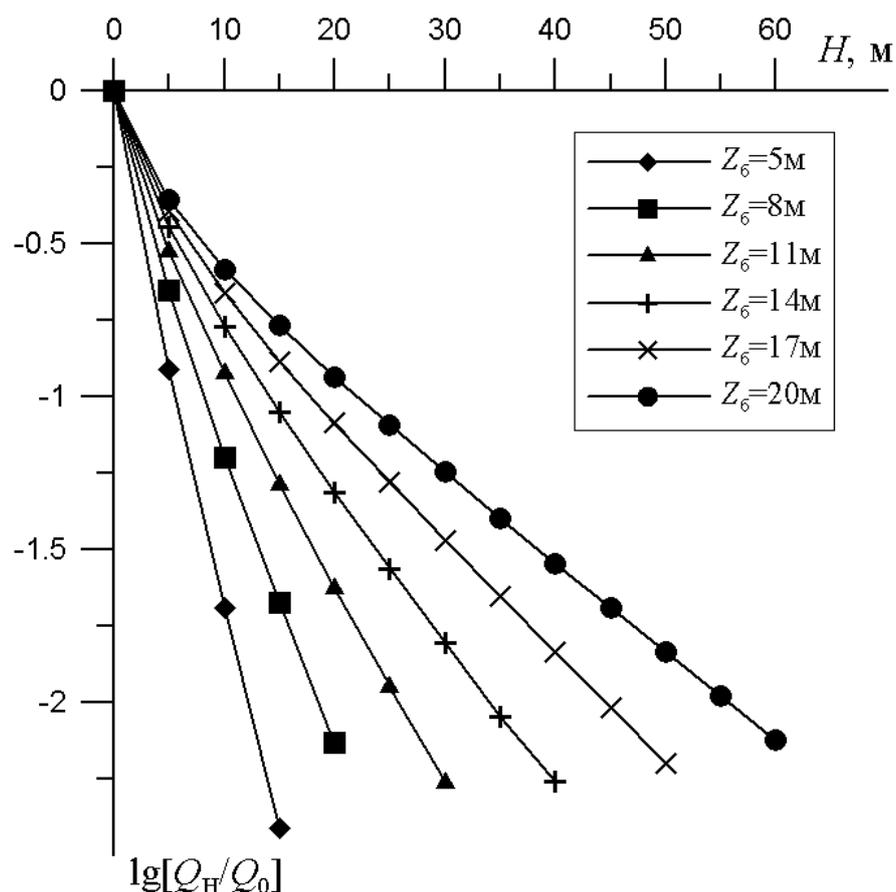
где $E(\lambda_j)_0$ – спектральная плотность облученности на глубине $H = 0$ м, а $\alpha(\lambda_j)$ – показатель вертикального ослабления на длине волны λ_j в середине интервала. Суммарная облученность $E_H = \sum \Delta E_H$. Аналогично рассчитывалась и квантовая облученность Q_H .

Результаты расчетов и их обсуждение. На рис. 2 и 3 показано вертикальное распределение энергетической и квантовой облученностей в диапазоне 400 – 700 нм в водах с разной величиной Z_6 . Показатель вертикального ослабления суммарной облученности во всех водах с увеличением глубины уменьшается. Этот известный в оптике моря факт объясняется постепенным сужением спектра нисходящей облученности за счет более быстрого ослабления в верхних слоях моря излучения в коротковолновой и длинноволновой областях. В результате этого на больших глубинах остается излучение с длинами волн в средней области спектра, где показатели ослабления $\alpha(\lambda)$ наиболее низки.



Р и с. 2. Вертикальное распределение энергетической облученности $E(400 - 700 \text{ нм})$ в море при разной глубине видимости белого диска Z_6

В табл. 3 приведены формулы, описывающие относительное вертикальное распределение облученностей, показанных на рис. 2 и 3. Используя эти формулы, можно рассчитать абсолютные величины энергетической и квантовой облученностей на разных глубинах, зная величину падающего на поверхность моря излучения $E(400 - 700)$ и $Q(400 - 700)$ и введя поправку на ослабление излучения при прохождении его через поверхность моря.



Р и с. 3. Вертикальное распределение квантовой облученности $Q(400 - 700 \text{ нм})$ в море при разной глубине видимости белого диска Z_6

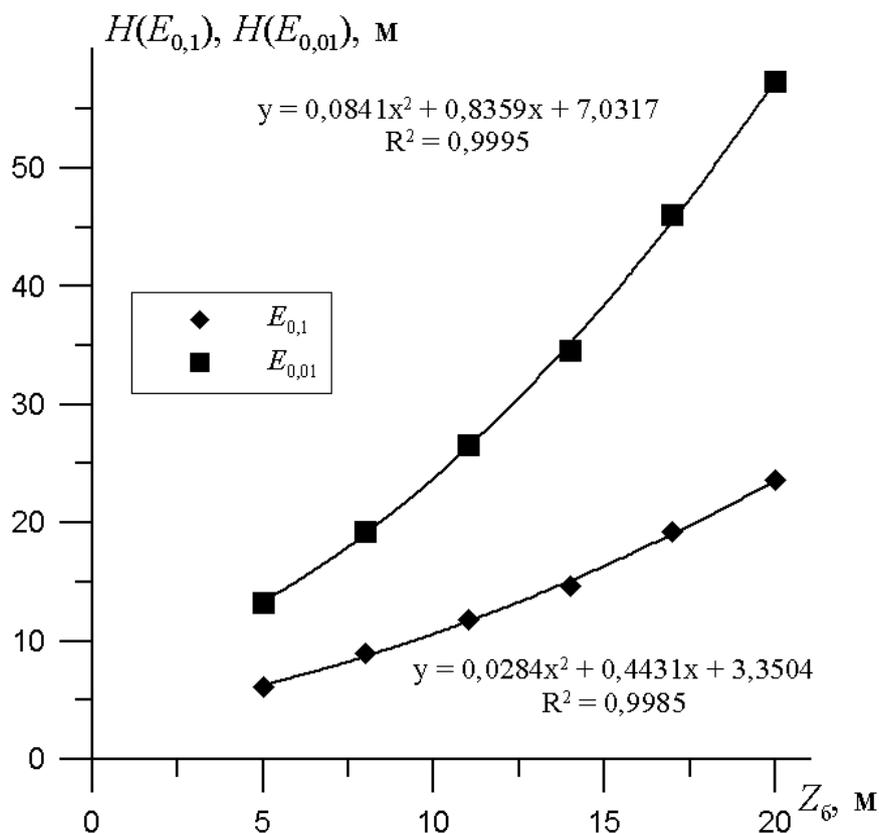
Т а б л и ц а 3

Формулы вертикального распределения энергетической $\lg[E_H/E_0] = f(H)$ и квантовой $\lg[Q_H/Q_0] = f(H)$ облученностей и достоверность их аппроксимации $R^2(E)$ и $R^2(Q)$

$Z_6, \text{м}$	$f(H)$ энергетической облученности	$R^2(E)$	$f(H)$ квантовой облученности	$R^2(Q)$
5	$0,002H^2 - 0,19H - 0,003$	0,999	$0,0019H^2 - 0,189H - 0,004$	0,999
8	$0,0012H^2 - 0,13H - 0,01$	0,999	$0,0013H^2 - 0,133H - 0,009$	0,999
11	$0,0006H^2 - 0,09H - 0,03$	0,999	$0,0007H^2 - 0,095H - 0,029$	0,999
14	$0,0004H^2 - 0,07H - 0,05$	0,999	$0,0005H^2 - 0,073H - 0,048$	0,998
17	$0,0002H^2 - 0,05H - 0,06$	0,998	$0,0003H^2 - 0,056H - 0,078$	0,997
20	$0,0002H^2 - 0,04H - 0,08$	0,997	$0,0002H^2 - 0,045H - 0,096$	0,996

П р и м е ч а н и е: глубина H дана в метрах.

Результаты расчетов глубин энергетической и квантовой облученностей на уровнях 0,1 и 0,01 от поверхностной облученности при разных величинах Z_6 показаны на рис. 4 и 5. Связь этих параметров с Z_6 – нелинейная. Формулы связи приведены в табл. 4.

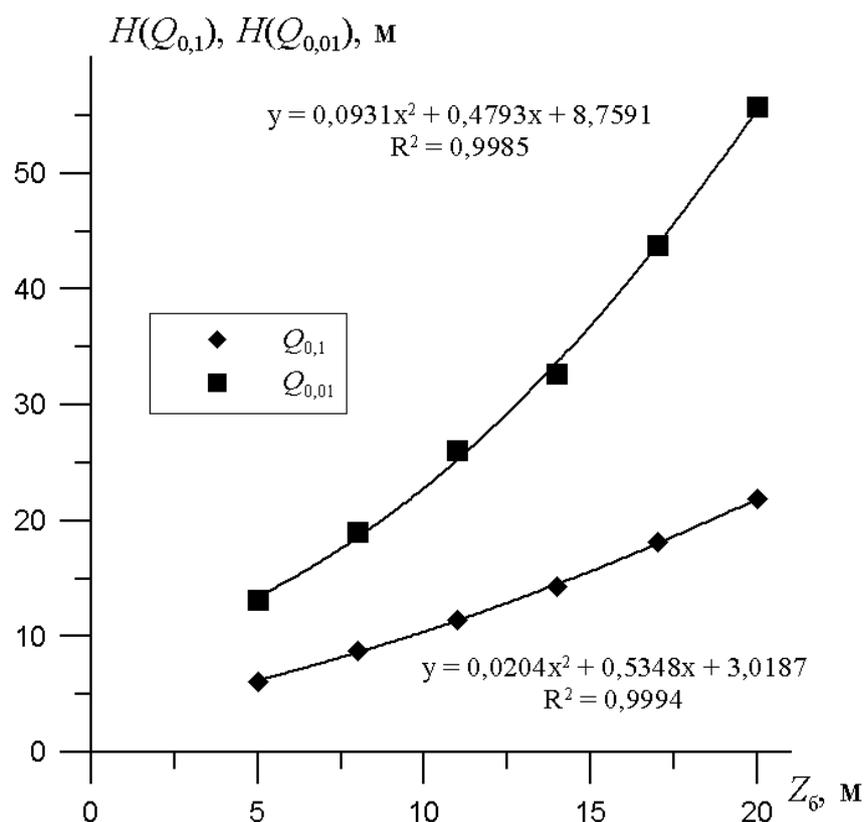


Р и с. 4. Связь глубин энергетической облученности $E(400 - 700 \text{ нм})$ на уровнях 0,1 и 0,01 от поверхностной облученности с глубиной видимости белого диска Z_6

Т а б л и ц а 4

Формулы связи глубин энергетической E и квантовой Q облученностей в спектральном диапазоне 400 – 700 нм на уровнях 0,1 и 0,01 от поверхностной облученности с глубиной видимости белого диска Z_6

Облученность	Формула
Энергетическая	$H(E_{0,1}), \text{ м} = 0,0284Z_6^2 + 0,4431Z_6 + 3,3504$
Энергетическая	$H(E_{0,01}), \text{ м} = 0,0841Z_6^2 + 0,8359Z_6 + 7,0317$
Квантовая	$H(Q_{0,1}), \text{ м} = 0,0204Z_6^2 + 0,5248Z_6 + 3,0187$
Квантовая	$H(Q_{0,01}), \text{ м} = 0,0931Z_6^2 + 0,4793Z_6 + 8,7591$



Р и с. 5. Связь глубин квантовой облученности $Q(400 - 700 \text{ нм})$ на уровнях 0,1 и 0,01 от поверхностной облученности с глубиной видимости белого диска Z_6

В табл. 5 приведены глубины ослабления облученности до уровней 0,1 и 0,01 от поверхностной. Видно, что толщина эвфотического слоя для энергетической и квантовой облученностей разная – для энергетической она больше. Особенно это заметно для прозрачных вод с глубинами $Z_6 \geq 14 \text{ м}$. Объясняется данный факт разным спектральным распределением величин $E(\lambda)_0$ и $Q(\lambda)_0$ в падающей на поверхность моря солнечной радиации (табл. 2).

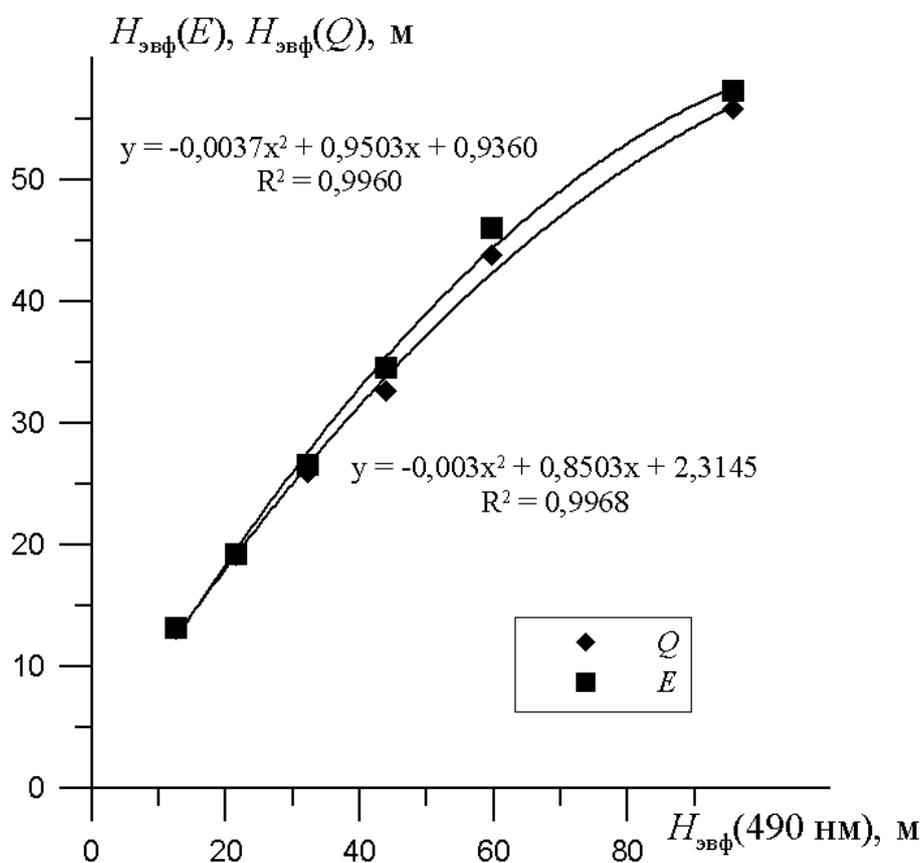
Т а б л и ц а 5

Глубины H ослабления энергетической E и квантовой Q облученностей в спектральном диапазоне 400 – 700 нм до уровней 0,1 и 0,01 от поверхностной облученности в водах с разной величиной Z_6

Глубина, м	$Z_6, \text{ м}$					
	5	8	11	14	17	20
$H(E_{0,1})$	6,1	9,0	11,8	14,7	19,2	23,6
$H(E_{0,01})$	13,2	19,3	26,6	34,6	46,0	57,3
$H(Q_{0,1})$	6,1	8,8	11,4	14,3	18,1	21,9
$H(Q_{0,01})$	13,1	19,1	26,0	32,7	43,8	55,8

В ряде работ толщину эвфотического слоя для энергетической облученности оценивают не по убыванию суммарной облученности, а по убыванию энергетической облученности в какой-либо области спектра, как правило, используя для этого центральную область видимого диапазона. Например, в работе [8] по величине показателя вертикального ослабления света на длине волны 490 нм, определенного по спутниковым данным, рассчитаны толщины $H_{\text{эвф}}$ в Черном море в различные сезоны года.

Толщина эвфотического слоя в этом случае вычисляется по формуле $H_{\text{эвф}} = 4,6/\alpha(\lambda)$. В связи с этим представляет практический интерес связь $H_{\text{эвф}}$ для суммарной облученности в области ФАР с $H_{\text{эвф}}$ для спектральной энергетической облученности. На рис. 6 показана связь $H_{\text{эвф}}$ для суммарных энергетической и квантовой облученностей (400 – 700 нм) при разных величинах Z_6 с $H_{\text{эвф}}$, рассчитанной по величине $\alpha(490)$. Величины $\alpha(490)$ для вод с разной величиной Z_6 определены по табл. 1. Как видно из графиков, эти связи характеризуются высокими коэффициентами корреляции.



Р и с. 6. Связь толщины эвфотического слоя для суммарных энергетической E и квантовой Q облученностей (400 – 700 нм) с толщиной эвфотического слоя для спектральной энергетической облученности E на длине волны 490 нм

Наглядным параметром при сравнении различных данных о связи характеристик эвфотического слоя с глубиной видимости белого диска является параметр S , показывающий отношение глубин энергетической и квантовой облученностей на уровнях 0,1 и 0,01 от поверхностной облученности к величине Z_6 (табл. 6).

Т а б л и ц а 6

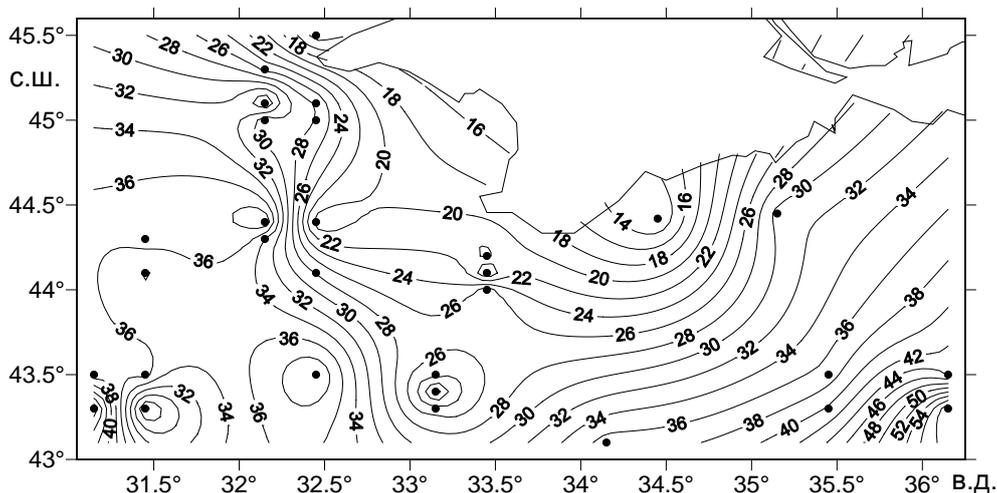
Отношение глубин энергетической E и квантовой Q облученностей в спектральном диапазоне 400 – 700 нм на уровнях 0,1 и 0,01 от поверхностной облученности к глубине видимости белого диска Z_6

Параметр	Z_6 , м					
	5	8	11	14	17	20
$S(E_{0,1})=H(E_{0,1})/Z_6$	1,22	1,12	1,07	1,05	1,13	1,18
$S(E_{0,01})=H(E_{0,01})/Z_6$	2,56	2,41	2,42	2,47	2,71	2,87
$S(Q_{0,1})=H(Q_{0,1})/Z_6$	1,22	1,10	1,04	1,02	1,06	1,09
$S(Q_{0,01})=H(Q_{0,01})/Z_6$	2,62	2,37	2,36	2,33	2,57	2,79

В работе [3] приводятся значения параметра $S(E_{0,01})$ в Черном море, рассчитанные по результатам измерений погружаемым фотометром вертикального распределения энергетической облученности в спектральной области 400 – 700 нм. По данным измерений в марте [3] глубина видимости белого диска изменялась в пределах 8 – 12,5 м ($\langle Z_6 \rangle = 10$ м), число измерений $N = 10$. Среднее значение параметра $S(E_{0,01})$ составило $\langle S(E_{0,01}) \rangle = 2,6$ со стандартным отклонением 0,26. По нашим расчетам (табл. 6) значение параметра $S(E_{0,01})$ для глубины видимости белого диска 11 м составляет 2,42. Сравнение показывает близкие значения рассчитанной и экспериментальной величин параметра $S(E_{0,01})$. О причинах некоторого отличия рассчитанного параметра $S(E_{0,01})$ от экспериментального по имеющимся у нас данным пока судить трудно.

С использованием связи толщины эвфотического слоя для суммарной квантовой облученности $H_{\text{эвф.квант}}$ с глубиной видимости белого диска была построена карта распределения этой величины в Черном море в весенний период 1995 г. (рис. 7). При построении карты использовались значения Z_6 , измеренные в 33-м рейсе НИС «Профессор Колесников», проходившем в период 16.03 – 06.04.1995 г. На карте видна значительная пространственная изменчивость $H_{\text{эвф.квант}}$ от минимальных величин 14 – 16 м в Каркинитском заливе и у Южного берега Крыма до максимального значения 58 м в восточной части глубоководной области моря.

Низкие величины $H_{\text{эвф.квант}}$ у Южного берега Крыма обусловлены выносом мутных вод Азовского моря через Керченский пролив в Черное море. Попадая в Основное Черноморское течение, эти воды, в виде отдельных пятен, движутся вместе с ним на запад вдоль берегов Крыма, создавая контраст с более чистыми водами Черного моря.



Р и с. 7. Распределение в Черном море толщины эвфотического слоя (м) для квантовой облученности $Q(400 - 700 \text{ нм})$ в весенний период 1995 г., рассчитанное по глубине видимости белого диска Z_6

Относительно максимальных величин $H_{\text{эвф.квант}}$, наблюдавшихся в восточной глубоководной части моря, отметим, что они находились в области максимальных климатических величин Z_6 в Черном море в весенний период [7]. В этом же районе наблюдались максимальные величины $H_{\text{эвф}}$ для спектральной энергетической облученности (длина волны 490 нм) в марте – апреле 2007 г., рассчитанные в работе [8] по спутниковым данным. По шкале градаций из статьи [8] максимальные величины $H_{\text{эвф}}(490)$ в этом районе составляли ≈ 40 м. В пересчете на величину суммарной квантовой облученности (рис. 6) это составляет около 30 м. То есть весной 1995 г. толщина эвфотического слоя $H_{\text{эвф.квант}} = 58$ м в этом районе была приблизительно в 2 раза больше, чем весной 2007 г.

Выводы.

1. Разработан метод определения характеристик эвфотического слоя в Черном море по глубине видимости белого диска в зимне-весенний период.
2. Получены формулы связи глубин энергетической и квантовой облученностей на уровнях 0,1 и 0,01 от поверхностной облученности с глубиной видимости белого диска.
3. Рассчитаны параметры связи толщины эвфотического слоя для суммарных энергетической и квантовой облученностей с толщиной эвфотического слоя для спектральной энергетической облученности на длине волны 490 нм.
4. Проведено сравнение результатов расчета толщины эвфотического слоя с экспериментальными данными, показавшее близкие значения теоретических и экспериментальных величин.
5. По полученной формуле связи толщины эвфотического слоя для квантовой облученности с глубиной видимости белого диска построена карта распределения $H_{\text{эвф.квант}}$ в Черном море в весенний период 1995 г.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ерлов Н.* Оптика моря. – Л.: Гидрометеиздат, 1980. – 247 с.
2. *Левин И.М., Николаев В.П.* Об оценке вертикального ослабления квантовой облученности в области фотосинтетически активной радиации в Черном море // *Океанология.* – 1992. – 32, вып. 2. – С. 241 – 245.
3. *Ведерников В.И.* Особенности распределения первичной продукции и хлорофилла в Черном море в весенний и летний периоды // *Изменчивость экосистемы Черного моря. Естественные и антропогенные факторы.* – М.: Наука, 1991. – С. 128 – 147.
4. *Маньковский В.И.* Метод определения спектральных величин подводной квантовой облученности в области фотосинтетически активной радиации по глубине видимости белого диска // *Морской гидрофизический журнал.* – 1999. – № 3. – С. 84 – 88.
5. *Возняк Б., Хаптер Р., Ведерников В.И.* Поступление фотосинтетически активной радиации в эвфотическую зону Черного моря в апреле – мае 1984 г. // *Исследования экосистемы пелагиали Черного моря.* – М.: ИО АН СССР, 1986. – С. 198 – 221.
6. *Шифрин К.С.* Подводная облученность // *Океанология. Физика океана. Т. 1. Гидрофизика океана / Под ред. В.М. Каменковича, А.С. Моница.* – М.: Наука, 1978. – С. 375 – 378.
7. *Маньковский В.И., Соловьев М.В.* Гидрооптические характеристики Черного моря в период 1922 – 1985 гг. (климатические карты) // *Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа.* – Севастополь: МГИ НАН Украины, 2003. – Вып. 8. – С. 23 – 47.
8. *Чурилова Т.Я.* Сезонная и межгодовая вариабельность глубины зоны фотосинтеза в Черном море по модельным расчетам // *Там же.* – Севастополь: МГИ НАН Украины, 2009. – Вып. 19. – С. 265 – 278.

Морской гидрофизический институт НАН Украины,
Севастополь
E-mail:emankovskaya@mail.ru

Материал поступил
в редакцию 28.03.12
После доработки 13.06.12

АНОТАЦІЯ Для вод Чорного моря в зимово-весняний період розроблений метод розрахунку характеристик евфотичного шару за глибиною видимості білого диска. Для спектральної області 400 – 700 нм отримано формули зв'язку глибин енергетичного та квантового опромінення на рівнях 0,1 та 0,01 від поверхневого опромінення з глибиною видимості білого диска. За формулою зв'язку товщини евфотичного шару для квантового опромінення з глибиною видимості білого диску побудована карта розподілу $H_{\text{евф.квант}}$ у Чорному морі у весняний період 1995 р.

Ключові слова: опромінення енергетичне, опромінення квантове, евфотичний шар, показник вертикального ослаблення світла, глибина видимості білого диску.

ABSTRACT Method for calculating the euphotic layer characteristics using the Secchi disk depth is developed for a winter-spring period in the Black Sea. For the spectral band 400 – 700 nm the relationships between the depths where energy and quantum radiations are equal to 0.1 and 0.01 of the surface values, and the Secchi disk depth are obtained. According to the relationship between the euphotic layer thickness at quantum irradiance and the Secchi disk depth, the map of the $H_{\text{euph.quant}}$ climatic distribution in the Black Sea during spring, 1995 is constructed.

Keywords: irradiance, quantum irradiance, euphotic layer, light attenuation coefficient, Secchi disk depth.