

ОПТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ И БАЗЫ ДАННЫХ ОПТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ОБ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ

УДК 551.463.5

А.С. Кукушкин, Ю.А. Прохоренко

Изменчивость распределения прозрачности в верхнем слое пелагиали Черного моря

Морской гидрофизический институт НАН Украины, г. Севастополь

Поступила в редакцию 3.07.2007 г.

С использованием предложенного набора характерных значений показателя ослабления направленного света (ПОС), отражающего основные черты его вертикального распределения, изучена изменчивость ПОС в верхнем слое глубоководной части Черного моря в период стабильного оптического состояния вод моря (1978–1989) и в период резкого снижения их прозрачности (1990–1993). Установлено, что во втором периоде ПОС в поверхностном слое увеличился весной в 1,5 раза, летом и осенью – в 3 и более раз, в глубинном слое – примерно в 1,5 раза. С целью оценки влияния динамики вод на распределение характерных значений ПОС проанализированы их сезонные изменения в основных циклонических и антициклонических круговоротах моря.

Введение

Известно, что прозрачность морской воды в основном определяется содержанием в ней взвешенного и растворенного органических веществ, распределение которых, в свою очередь, зависит от различных гидрофизических, химических и биологических процессов.

На формирование оптической структуры вод в глубоководной части Черного моря оказывают влияние слабый водообмен между глубинными и поверхностными слоями, наличие холодного промежуточного слоя, сероводородной зоны и устойчивой циклонической системы течений. Анализ результатов многолетних натуральных наблюдений показал, что вертикальная структура прозрачности черноморской воды существенно отличается от структуры прозрачности вод в других морях [1]. В результате были выделены четыре достаточно стабильных оптических слоя с определенными гидрологическими, химическими и биологическими характеристиками, для описания оптических свойств которых в работах [2, 3] предложены значения показателя ослабления направленного света (ПОС), отражающие специфику каждого слоя.

Так, для поверхностного слоя (0–60 м), расположенного в эвфотической зоне, выбраны ПОС на глубине 0 м и его среднее значение в слое 0–25 м. Для характеристики промежуточного слоя наиболее прозрачных вод (60–130 м) выбран ПОС на глубине 100 м. Для описания глубинного слоя мутности использованы амплитуда ПОС в этом слое и глубина его залегания. Значения ПОС на глубинах 200 и 400 м характеризовали оптические свойства сероводородной зоны моря. Выбор значения ПОС на глубине 100 м для характеристики слоя прозрачных вод, на наш взгляд, не совсем точен. Это связано, прежде всего, с тем, что по натурным данным глу-

бина залегания этого слоя зависит от района измерений. Так, в районе циклонических круговоротов (области подъема вод) глубина залегания прозрачных вод равна (80 ± 22) м, а в антициклонических круговоротах (области опускания вод) – (142 ± 28) м. К тому же в районах подъема вод на глубине 100 м достаточно часто наблюдаются повышенные значения ПОС, характеризующие глубинный слой мутности.

Набор минимального числа характерных значений ПОС, более точно, по нашему мнению, учитывающий основные особенности его вертикального распределения по сравнению с приведенными выше, включает следующие значения, подробно описанные в работе [4]: 1) ϵ_{10} – отсчет на глубине 10 м. На этой глубине в отличие от глубины 0 м значительно снижены влияние судна, разрушающего стратификацию ПОС, и влияние неизбежных загрязнений, попадающих в море с судна на станции; 2) ϵ_{\min} – отсчет минимального значения ПОС на его вертикальном профиле в слое повышенной прозрачности; 3) ϵ_{\max} – отсчет максимального значения ПОС в глубинном слое мутности; 4) $Z_{\epsilon_{\min}}$ и $Z_{\epsilon_{\max}}$ – глубины залегания ϵ_{\min} и ϵ_{\max} ; 5) ϵ_m – среднее значение ПОС в слое от поверхности моря до глубины залегания ϵ_{\min} .

По результатам наблюдений в 1977–1985 гг. в летний и осенний сезоны были построены и проанализированы сезонные карты среднесезонных значений ПОС, перечисленных выше [3]. В то же время изменение прозрачности вод, проявившееся в резком ее снижении в конце 80-х – начале 90-х гг. XX в., было описано в работе [5] только по результатам измерений глубины видимости белого диска.

Целью работы является анализ межгодовой и сезонной изменчивости распределения прозрачности вод в верхнем слое глубоководной части Черного моря с помощью предложенных авторами характерных значений ПОС.

Для анализа изменчивости распределений прозрачности использованы данные многолетних (1978–1995 гг.) наблюдений ПОС в глубоководной части Черного моря, полученные в Морском гидрофизическом институте НАН Украины. Всего было проведено 1600 наблюдений (весной – 414; летом – 365; осенью – 821) в 24 экспедиционных рейсах. Измерения ПОС (при десятичном основании логарифма и длине волны 420 нм) проводились до горизонта 300 м с помощью однотипных зондирующих прозрачнoмеров [6].

Результаты и обсуждение

Многолетние наблюдения за прозрачностью черноморских вод, определяемой по измерениям глубины видимости белого диска, показали, что до середины 80-х гг. XX в. оптическое состояние вод моря характеризовалось как квазистабильное. Резкое снижение прозрачности наблюдалось в конце 80-х – начале 90-х гг. [5]. После 1992 г. прозрачность воды начала повышаться и в 1998–2002 гг. приблизилась к среднегодовым значениям, наблюдаемым во второй половине 80-х гг. (перед ее резким снижением). Это также подтвердили результаты наших измерений ПОС в поверхностном (ϵ_{10}) и глубинном (ϵ_{\max}) слоях (рис. 1), полученные в период 1 (1978–1989 гг.) квазистабильного оптического состояния вод моря, и в период 2 (1990–1993 гг.) резкого снижения их прозрачности. Результаты измерений ПОС в декабре 1994 г. и в апреле 1995 г. свидетельствуют о наметившейся тенденции уменьшения их значений (повышение прозрачности вод).

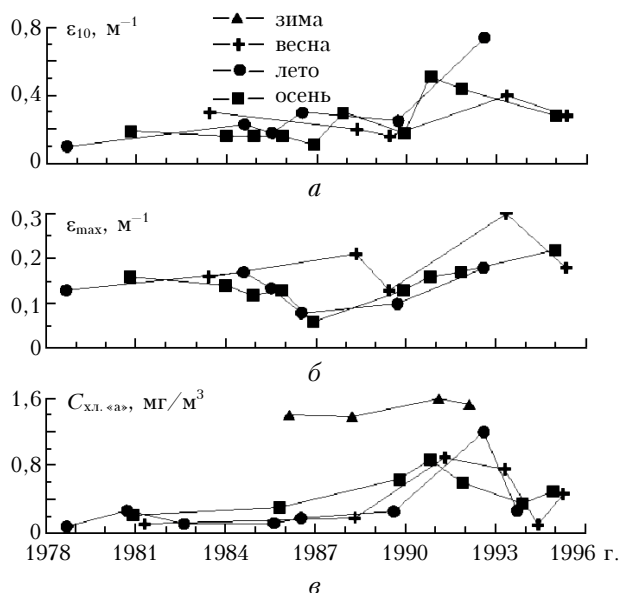


Рис. 1. Сезонные межгодовые изменения показателя ослабления направленного света в поверхностном (а) и глубинном (б) слоях и концентрации хлорофилла «а» в поверхностном слое (в) глубоководной части Черного моря

На первом этапе исследований по данным наблюдений были построены карты распределения характерных значений ПОС и рассчитаны их статистические

оценки (среднее значение, среднеквадратическое отклонение, коэффициент вариации) для отдельных рейсов и сезонов [7]. В качестве примера на рис. 2 показаны распределения ПОС в осенний сезон (1978–1986 гг.). Сведения о статистических оценках ПОС в периоды 1 и 2 представлены в табл. 1.

Таблица 1

Сезонные изменения математического ожидания (M) и среднего квадратического отклонения (σ) характерных значений ПОС в период 1978–1989 (1) и 1990–1993 (2)

Значение	Сезон	M		σ	
		1	2	1	2
$\epsilon_{10}, \text{ м}^{-1}$	Весна	0,27	0,40	0,08	0,07
	Лето	0,22	0,74	0,10	0,25
	Осень	0,15	0,43	0,05	0,07
$\epsilon_{\text{м}}, \text{ м}^{-1}$	Весна	0,19	0,28	0,04	0,05
	Лето	0,16	0,30	0,06	0,08
	Осень	0,10	0,25	0,04	0,05
$\epsilon_{\text{мин}}, \text{ м}^{-1}$	Весна	0,09	0,18	0,02	0,06
	Лето	0,07	0,10	0,03	0,05
	Осень	0,07	0,11	0,03	0,03
$\epsilon_{\text{макс}}, \text{ м}^{-1}$	Весна	0,19	0,30	0,10	0,10
	Лето	0,13	0,18	0,07	0,08
	Осень	0,12	0,16	0,06	0,04
$Z_{\epsilon_{\text{мин}}}, \text{ м}$	Весна	109	128	31	40
	Лето	104	114	26	36
	Осень	106	92	24	23
$Z_{\epsilon_{\text{макс}}}, \text{ м}$	Весна	128	145	30	43
	Лето	124	130	25	35
	Осень	124	112	22	21

Анализ табличных данных показал, что в период 1 сезонные изменения ПОС проявились в основном в поверхностном слое. Пониженная прозрачность в этом слое наблюдалась весной. К концу года она повышалась (ПОС уменьшался). В глубинных слоях ($\epsilon_{\text{мин}}, \epsilon_{\text{макс}}$) такой характер сезонных изменений сохранился, но летом и осенью их значения мало отличались. Также незначительно изменялись глубины залегания $\epsilon_{\text{мин}}$ [от (104 ± 26) до (109 ± 31) м] и $\epsilon_{\text{макс}}$ [от (124 ± 25) до (128 ± 30) м]. Межгодовые изменения ПОС заметно проявлялись и в поверхностном и в глубинном слоях (см. рис. 1). Так, летом в период 1 $\epsilon_{\text{макс}}$ изменялось в пределах $0,08\text{--}0,17 \text{ м}^{-1}$, осенью пределы изменения $\epsilon_{\text{макс}}$ равнялись $0,05\text{--}0,16 \text{ м}^{-1}$.

В период 2, совпавший с широким распространением в море гребневика-вселенца (*Mnemiopsis leidyi*), наблюдались повышенные по сравнению с периодом 1 концентрации хлорофилла «а» (рис. 1, в). Это свидетельствовало об интенсивном развитии фитопланктона (особенно его мелкогазмерных видов [5]), что привело к заметному понижению прозрачности (см. рис. 1, табл. 1). Так, в поверхностном слое ПОС увеличился весной в 1,5 раза, летом и осенью в 3 и более раз, в глубинном слое в эти сезоны – примерно в 1,5 раза. Минимальная прозрачность в поверхностном слое наблюдалась летом 1992 ($\epsilon_{10} = 0,6\text{--}1,1 \text{ м}^{-1}$). Весной и осенью пределы изменения ϵ_{10} , равные $0,35\text{--}0,6 \text{ м}^{-1}$, были близки. В глубинных слоях характер сезонных изменений ПОС

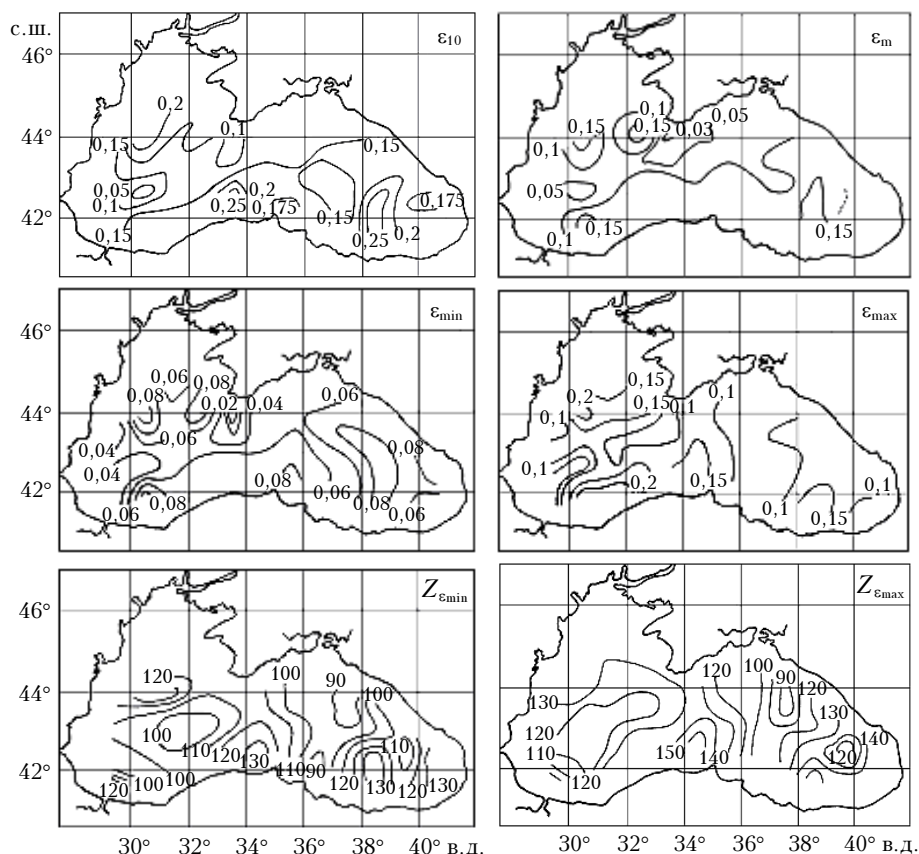


Рис. 2. Распределение характерных значений показателя ослабления направленного света в осенний сезон в период 1978–1986 гг.

примерно такой же, как в период 1. В то же время положение глубин их залегания изменилось. Весной они находились глубже, чем в период 1, а осенью — ближе к поверхности моря.

Анализ карт с распределением значений ПОС показал, что в оба периода наблюдений общим являлась близость расположения отдельных областей пониженных и повышенных значений ПОС и глубин залегания прозрачного и мутного слоев с положением некоторых известных динамических образований в море, что косвенно подтверждало влияние динамики вод на распределение прозрачности. Так, в работе [4] отмечалось, что области с минимальными значениями этих характеристик в центральных районах западной и восточной частей моря совпадали с циклоническими круговоротами (ЦК) в этих частях моря. Участки моря с повышенными их значениями, расположенными большей частью в южных районах моря, совпадали с зонами конвергенций и антициклонических круговоротов (АЦК). Отмеченные особенности в распределении прозрачности хорошо видны на рис. 2, иллюстрирующем распределение характерных значений ПОС в осенний период 1978–1986 гг.

На втором этапе исследований влияние динамики вод на распределение прозрачности изучалось более детально. Для каждого экспедиционного рейса были построены карты динамической топографии поверхности моря, на которых с использованием данных по вертикальной структуре гидрологических

параметров идентифицированы стационарные ЦК (западный и восточный) и квазистационарные АЦК («севастопольский», в юго-восточной части моря, вдоль Кавказского и Анатолийского побережий). По данным измерений на станциях, пространственно совпадающих с этими динамическими образованиями, были рассчитаны статистические оценки характерных значений ПОС в весенний, летний и осенний сезоны (табл. 2), анализ изменчивости которых показал следующее.

В западном ЦК в период 1 прозрачность в поверхностном слое к концу года несколько повышалась (значения ПОС уменьшались). Низкая внутрисезонная изменчивость значений ПОС, в качестве оценки которой использован коэффициент вариации в процентах, была отмечена весной (7–15%), высокая (30–50%) — летом и осенью. Во 2-м периоде характер внутрigoдовых изменений ПОС изменился. Наиболее прозрачные поверхностные воды наблюдались весной, а летом (июль 1992 г.) была зафиксирована аномально низкая прозрачность. В этот период во все сезоны ПОС заметно увеличился (прозрачность понизилась) по сравнению с периодом 1. Так, ϵ_{10} в среднем увеличился весной в 2,4 раза, летом — в 5,3 раза и осенью — в 3,8 раза. При этом его внутрисезонная изменчивость во все сезоны была невысокой (7–12%).

В глубинном прозрачном (ϵ_{\min}) и мутном (ϵ_{\max}) слоях максимальные величины ПОС в оба периода и относительно невысокая их внутрисезонная

Таблица 2

Сезонные изменения математического ожидания (M) и среднего квадратического отклонения (σ) характерных значений ПОС в различных динамических образованиях в период 1978–1989 (1) и 1990–1993 (2)

Значение	Сезон	Величина	ЗЦК		ВЦК		АЦК СЗ		АЦК ЮВ	
			1	2	1	2	1	2	1	2
$\varepsilon_{10}, \text{ м}^{-1}$	Весна	M	0,17	0,41	0,21	0,39	0,24	0,40	0,26	—
		σ	0,02	0,05	0,05	0,05	0,09	0,05	0,05	—
	Лето	M	0,17	0,90	0,19	0,88	0,28	0,65	0,27	0,36
		σ	0,09	0,06	0,08	0,26	0,09	0,10	0,13	0,06
	Осень	M	0,12	0,45	0,14	0,42	0,18	0,63	0,22	0,46
		σ	0,04	0,04	0,03	0,05	0,05	0,15	0,06	0,03
$\varepsilon_m, \text{ м}^{-1}$	Весна	M	0,14	0,32	0,16	0,25	0,16	0,30	0,22	—
		σ	0,01	0,04	0,02	0,05	0,05	0,03	0,04	—
	Лето	M	0,16	0,45	0,16	0,32	0,13	0,31	0,13	0,17
		σ	0,05	0,05	0,07	0,09	0,04	0,03	0,04	0,01
	Осень	M	0,10	0,45	0,11	0,42	0,12	0,26	0,15	0,46
		σ	0,05	0,04	0,04	0,05	0,02	0,05	0,03	0,03
$\varepsilon_{\min}, \text{ м}^{-1}$	Весна	M	0,09	0,18	0,09	0,15	0,09	0,22	0,09	—
		σ	0,01	0,03	0,01	0,05	0,01	0,05	0,01	—
	Лето	M	0,06	0,07	0,09	0,06	0,07	0,12	0,07	0,07
		σ	0,03	0,04	0,06	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03
	Осень	M	0,06	0,12	0,06	0,11	0,07	0,13	0,08	0,10
		σ	0,03	0,05	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01
$\varepsilon_{\max}, \text{ м}^{-1}$	Весна	M	0,13	0,24	0,13	0,24	0,15	0,40	0,21	—
		σ	0,02	0,06	0,01	0,07	0,04	0,05	0,10	—
	Лето	M	0,12	0,11	0,11	0,12	0,13	0,22	0,13	0,14
		σ	0,05	0,04	0,07	0,02	0,03	0,05	0,04	0,03
	Осень	M	0,11	0,16	0,09	0,15	0,11	0,23	0,16	0,17
		σ	0,04	0,04	0,03	0,01	0,02	0,05	0,06	0,02
$Z_{\varepsilon_{\min}}, \text{ м}$	Весна	M	72	89	79	87	135	172	147	—
		σ	4	15	12	8	8	23	5	—
	Лето	M	79	56	90	77	139	120	152	181
		σ	5	4	10	21	11	20	25	28
	Осень	M	87	70	92	74	135	116	136	128
		σ	18	4	12	10	3	5	6	4
$Z_{\varepsilon_{\max}}, \text{ м}$	Весна	M	97	97	99	110	163	201	159	—
		σ	7	12	7	19	11	19	9	—
	Лето	M	99	66	110	108	152	140	166	191
		σ	9	3	10	25	6	17	27	27
	Осень	M	107	87	112	105	152	132	152	143
		σ	11	11	12	16	8	11	7	1

Примечание. Циклонические круговороты: ЗЦК – западный, ВЦК – восточный; антициклонические круговороты: АЦК СЗ – «севастопольский», АЦК ЮВ – в юго-восточной части моря.

изменчивость (11–25%) наблюдались весной. Летом были зарегистрированы минимальные и примерно одинаковые в каждом слое в оба периода значения ПОС, внутрисезонная изменчивость которых была высокой (36–57%). В то же время весной и осенью во 2-м периоде эти глубинные значения ПОС были в 1,4–2,0 раза выше, чем в период 1. Различались также глубины залегания этих слоев. В период 1 от весны к концу года эти глубины увеличивались. Весной глубины залегания прозрачного и мутного слоев имели значения (72 ± 4) и (97 ± 7) м, а поздней осенью – (87 ± 18) и (107 ± 11) м соответственно.

Во 2-м периоде характер сезонных изменений глубин залегания этих слоев изменился. Максимальное их заглубление [(89 ± 15) и (97 ± 12) м] наблюдалось весной, а минимальное [(56 ± 4) и (66 ± 3) м] – летом 1992 г. При этом летом и осенью глубинные

оптические слои находились на меньших глубинах, чем в 1-м периоде. Расстояние между слоями во 2-м периоде, весной в среднем равное 8 м, к концу года увеличилось до 17 м. В 1-м периоде это расстояние было большим и составляло 20–25 м.

В восточном циклоническом круговороте абсолютные величины и характер изменений значений ПОС в поверхностном и глубинном слоях в оба периода незначительно отличались от аналогичных характеристик в западном ЦК. Во 2-м периоде ПОС в поверхностном слое был заметно выше (прозрачность ниже), чем в период 1. Так, ε_{10} весной увеличился в среднем в 1,9 раза, летом – в 4,6 раза, осенью – в 3 раза. Его внутрисезонная изменчивость также повысилась и составляла 12–30%. В глубинном слое значения ПОС в этом периоде увеличились в 1,1–1,8 раза. Характер внутригодовых изменений

глубин залегания ϵ_{\min} и ϵ_{\max} в обоих циклонических круговоротах в оба периода одинаков (в период 1 эти глубины в течение года увеличивались, а в период 2 — уменьшались). В то же время в восточном ЦК эти слои были более заглублены. Расстояние между слоями в 1-м периоде во все сезоны не изменялось и равнялось в среднем 20 м. Во 2-м периоде это расстояние увеличилось до 23–31 м.

В «севастопольском» АЦК в период 1 прозрачность в поверхностном слое летом была несколько ниже, чем весной и осенью, а ее изменчивость во все сезоны была достаточно высокая и примерно одинаковая (28–37%). Во 2-м периоде значение ПОС (ϵ_{10}) увеличилось (весной — в 1,7 раза, летом — в 2,3 раза, осенью — в 3,5 раза), а его внутрисезонная изменчивость уменьшилась (12–24%) по сравнению с периодом 1. Также изменился характер сезонных изменений. Летом и осенью прозрачность была заметно ниже, чем весной. В глубинном слое в период 1 пониженная прозрачность зарегистрирована весной. Летом и осенью она примерно одинаково повышалась. По сравнению с поверхностным слоем ее изменчивость была ниже (11–28%).

Во 2-м периоде значения ϵ_{\min} и ϵ_{\max} увеличились (весной в 2,4–2,7 раза, летом и осенью в 1,7–2,1 раза), а их внутрисезонная изменчивость в среднем несколько уменьшилась (8–25%). Характер внутрисезонных изменений во 2-м периоде сохранился. Средние значения глубин залегания этих слоев в 1-м периоде в течение года изменялись незначительно (135–139 м для прозрачного и 152–163 м и для мутного слоя). Во 2-м периоде глубина залегания слоев весной увеличилась в среднем на 37 м, а летом и осенью уменьшилась на 19 м. Расстояние между слоями весной в оба периода было максимальным и в среднем составляло 28–29 м. Минимальное расстояние было зафиксировано летом в период 1 (13 м) и осенью (16 м) в период 2.

В антициклоническом круговороте, расположенном в юго-восточной части моря, абсолютные величины ПОС в поверхностном и глубинном слоях и их внутрисезонная изменчивость несколько выше, чем в «севастопольском» АЦК, а характер сезонных изменений в этих круговоротах был одинаковым (ПОС уменьшался к концу года). Во 2-м периоде ПОС в поверхностном слое увеличился (летом — в 1,3 раза, осенью — в 2,1 раза), а его внутрисезонная изменчивость уменьшилась (на 6–17%) по сравнению с периодом 1, когда она была равна 27–48%. В глубинном слое во 2-м периоде прозрачность вод практически не изменилась. Значения ПОС (ϵ_{\min} и ϵ_{\max}) были ниже, чем в «севастопольском» АЦК, а характер их сезонных изменений (увеличение ПОС к концу года) в обоих круговоротах был одинаковым. Глубины залегания прозрачного и мутного слоев и характер их сезонных изменений в 1-м периоде в обоих круговоротах были близки. Во 2-м периоде осенью, как и в «севастопольском» АЦК, глубины залегания слоев уменьшились. Летом, наоборот, эти глубины в среднем заметно увеличились (на 25–29 м). Расстояния между слоями в оба периода различались незначительно (летом — 10–14 м, осенью — 15–16 м).

Проведенный анализ показал, что изменения значений ПОС в циклонических и антициклонических круговоротах проявлялись не всегда одинаково. Это связано с влиянием на формирование поля прозрачности в море различных гидрофизических, биологических и химических процессов. Детальное рассмотрение такого влияния представляет самостоятельный интерес и будет являться предметом дальнейших исследований. В данной статье отмеченные различия кратко можно объяснить следующим образом.

В глубоководных районах моря, удаленных от влияния обогащенных взвешенным веществом береговых стоков, прозрачность в поверхностном слое определяется главным образом количеством фитопланктона и продуктов его распада (детрита). Повышенные значения ϵ_{10} весной в период стабильного оптического состояния вод моря (период 1) связаны с зимним «цветением» фитопланктона (на рис. 1, в *С_{хл.} «а»* характеризует содержание живого фитопланктона). Весной (после «цветения») количество клеток фитопланктона уменьшалось из-за их деструкции (распада), а количество частиц детрита, не успевших опуститься в глубинные слои, увеличивалось. Поэтому общее количество частиц взвеси было достаточно большим, что понижало прозрачность вод. Летом и осенью «цветение» фитопланктона обычно не наблюдалось. Во 2-м периоде, когда прозрачность заметно понижалась, обычный сезонный цикл развития фитопланктона нарушался из-за массового появления мелкоразмерных пиропитовых видов фитопланктона [5]. Их «цветение» наблюдалось как в летний (максимум в 1992 г.), так и в осенний периоды (см. рис. 1, в).

Повышенные значения ПОС (ϵ_{10}) в антициклонических круговоротах по сравнению с циклоническими, возможно, связаны с условиями их образования. Квазистационарные АЦК, к которым относятся рассматриваемые в работе круговороты, обычно возникают в районе между прибрежной зоной моря и струей Основного Черноморского течения при его меандрировании, поэтому в центральные области круговоротов могут попадать более мутные прибрежные воды.

Влияние динамики вод наиболее заметно проявилось при рассмотрении глубин залегания прозрачного и мутного слоев. Так, опускание вод в антициклонических и их подъем в циклонических круговоротах объясняют большее заглубление этих слоев в первых по сравнению со вторыми. Различное положение этих слоев по глубине в одноименных круговоротах связано с различной интенсивностью круговоротов, определяемой орбитальной скоростью перемещения водных масс на их периферии.

Влияние динамики вод на вертикальную структуру ПОС также подтверждается хорошим соответствием сезонных изменений глубины залегания прозрачного и мутного слоев сезонным изменениям нижней границы холодного промежуточного слоя и верхней границы сероводородной зоны соответственно. Это отмечено и по литературным данным [1, 8].

Заклучение

С использованием предложенного авторами набора характерных значений показателя ослабления направленного света, отражающего основные черты его вертикального распределения, изучена изменчивость ПОС в верхнем слое глубоководной части Черного моря в период 1 квазистабильного оптического состояния вод моря (1978–1989 гг.) и в период 2 (1990–1993 гг.) резкого снижения их прозрачности. Установлено, что во 2-м периоде ПОС (среднее значение по всему морю) в поверхностном слое увеличился весной в 1,5 раза, летом и осенью – в 3 и более раз, в глубинном слое в эти сезоны – примерно в 1,5 раза.

Рассмотрено влияние динамики вод на распределение характерных значений ПОС. Проанализированы сезонные изменения статистических оценок этих значений ПОС, определенных в районах расположения стационарных циклонических (западного и восточного) и квазистационарных антициклонических («севастопольского» и в юго-восточной части моря) круговоротов.

Показано, что характер изменений ПОС в циклонических и антициклонических круговоротах в оба периода наблюдений примерно одинаков, а их величины выше в антициклонических круговоротах. В период 1 в поверхностном и глубинном слоях значение ПОС к концу года понижалось (прозрачность повышалась). Во 2-м периоде в поверхностном слое максимальные значения ПОС были зарегистрированы летом, минимальные – весной. В глубинном слое летом получены пониженные значения ПОС, весной – повышенные. Абсолютные величины ПОС во 2-м периоде заметно выше, чем в первом.

Установлено, что в АЦК по сравнению с ЦК глубже находились прозрачный (на 65 ± 5) м в 1-м периоде и на (70 ± 17) м во 2-м периоде) и мутный (на 50 м в 1-м периоде и на 64 м во 2-м периоде)

слои. Расстояния между этими слоями в этих круговоротах в оба периода в среднем были одинаковы и составляли 20–24 м.

1. *Комплексные океанографические исследования Черного моря* / Под ред. Б.А. Нелепо. Киев: Наук. думка, 1980. 240 с.
2. *Маньковский В.И.* Оптическая структура вод Черного моря и закономерности ее формирования // Гидрофизические и гидрохимические исследования Черного моря. Севастополь: МГИ НАН Украины, 1992. С. 7–27.
3. *Маньковский В.И., Соловьев М.В.* Гидрооптические характеристики вод Черного моря в период 1922–1985 гг. (климатические карты) // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2003. Вып. 8. С. 23–47.
4. *Агафонов Е.А., Кукушкин А.С., Прохоренко Ю.А.* Характерные значения вертикального распределения показателя ослабления света в верхнем слое глубоководной части Черного моря // Оптика атмосф. и океана. 2002. Т. 15. № 4. С. 306–309.
5. *Маньковский В.И., Владимиров В.Л., Афонин Е.А., Мишионов А.В., Соловьев М.В., Аннинский Б.Е., Георгиева Л.В., Юнев О.А.* Многолетняя изменчивость прозрачности в Черном море и факторы, обусловившие ее сильное снижение в конце 80-х – начале 90-х годов: Препр. / Морск. гидрофиз. ин-т НАН Украины (Севастополь). 1996. 32 с.
6. *Ли М.Е.* Логарифмический фотометр-прозрачномер // Приборы для научных исследований. Киев: Наук. думка, 1981. С. 89–91.
7. *Агафонов Е.А., Прохоренко Ю.А., Богуславский С.Г., Кукушкин А.С.* Атлас показателя ослабления света глубоководной части Черного моря. МГИ НАН Украины. Севастополь, 2000. 101 с. Деп. в ВИНТИ, 02.02.2000, № 235–В00.
8. *Кривошея В.Г., Титов В.Б., Овчинников И.М., Косьян Р.Д., Скирта А.Ю.* Влияние циркуляции вод и вихревых образований на глубинное положение верхней границы сероводородной зоны и на вентиляцию анаэробных вод Черного моря // Океанология. 2000. Т. 40. № 6. С. 816–826.

A.S. Kukushkin, Yu.A. Prokhorenko. The variability of upper layer transparency distribution in the deep sea part of the Black Sea.

Using proposed character of set values of beam attenuation coefficient, reflecting the main features of its vertical distribution, its structure and variability in upper layer of deep sea part of the Black Sea in the period of stable optical sea waters state (1978–1989) and in the period of sharp transparency decreasing (1990–1993) is investigated. It was revealed that in the second period the beam attenuation coefficient has increased in upper layer in 1.5 times in spring and in 3 times and more in summer and fall, in deep layer in 1.5 times approximately. The estimate the influence of water dynamics on transparency distribution of typical values of beam attenuation coefficient its seasonal variations were analyzed in the main cyclonic and anticyclonic sea eddies.