

Анализ результатов наблюдений и методы расчета гидрофизических полей океана

УДК 551.463.5

А.С. Кукушкин, Е.А. Агафонов, Ю.А. Прохоренко

Распределение показателя ослабления направленного света в поверхностных прибрежных водах Черного моря

С использованием данных многолетних (1977 – 1987) измерений показателя ослабления света с помощью буксируемого прозрачномера рассмотрены основные особенности распределения прозрачности поверхностных вод вдоль Анатолийского, Кавказского, Крымского побережий и в северо-западной части Черного моря в различные сезоны года. Рассчитаны числовые характеристики показателя ослабления света (диапазон изменений, наиболее вероятные значения, среднее значение и характерный масштаб оптических неоднородностей) на отдельных участках прибрежной зоны. Отмечено определяющее влияние на формирование структуры поля прозрачности распределения взвеси, тесно связанное с береговым стоком, динамикой вод, биологическими и гидрометеорологическими факторами.

Изучение оптического режима вод в прибрежной и шельфовой зонах Черного моря в условиях их прогрессирующего загрязнения и эвтрофикации представляет несомненный интерес. Важным показателем распространения мутных (загрязненных) вод в прибрежной зоне моря является их прозрачность.

Структура поля прозрачности и условия ее формирования в отдельные сезоны года в северо-западной части моря и в районах Кавказского и Крымского побережий обсуждались в работах [1–7]. Было показано, что на изменчивость этих распределений влияют следующие факторы: береговые стоки, богатые взвешенными и растворенными органическими и минеральными веществами, условия смешения этих стоков с морскими водами и их динамика, содержание взвешенных веществ в морской воде и другие. Однако статистические характеристики распределений показателя ослабления света (ПОС) в прибрежной зоне моря изучены слабо. В работе [8] приведены некоторые статистические оценки ПОС, полученные по измерениям с помощью буксируемого прозрачномера в различные сезоны 1978 – 1984 гг. в северо-западной части моря и на отдельных разрезах вдоль Крымского побережья. Величины и пределы изменчивости ПОС, измеренные в отдельных точках украинской части прибрежной зоны моря с помощью зондов-прозрачномеров [9], не дают представления о распределении прозрачности вод в этой зоне. Такие представления о структуре, изменчивости и статистических характеристиках ПОС в прибрежных районах моря, где наблюдается значительная изменчивость формирующих поле прозрачности гидрофизических и гидробиологических факторов, могут быть корректно получены только с помощью буксируемой аппаратуры с высоким пространственным разрешением.

© А.С. Кукушкин, Е.А. Агафонов, Ю.А. Прохоренко, 2006

В настоящей работе приводятся обобщенные результаты анализа измерений ПОС (при десятичном основании логарифма и длине волны 420 нм) и расчета его статистических оценок на разрезах вдоль практически всего побережья (рис. 1). Для анализа использованы данные, полученные на глубине 4 – 5 м с помощью буксируемого прозрачномера МГИ-2201 в различные сезоны года в течение 1977 – 1987 гг. Дискретность отсчетов ПОС составляла 0,5 мили. Погрешность измерения ПОС равнялась $0,02 \text{ м}^{-1}$. Протяженность буксировок вдоль Анатолийского побережья составила 1830 миль, вдоль Кавказского побережья – более 4000 миль, вдоль юго-восточной части Крымского побережья ~ 1300 миль и западной его части до Одессы – 250 миль, вдоль западного берега моря ~ 650 миль. Для большинства буксировок рассчитаны гистограммы распределения абсолютных значений ПОС, корреляционные функции и определены его следующие числовые характеристики: $\varepsilon_{\text{ср}}$ – среднее значение, $\varepsilon_{\text{вер}}$ – наиболее вероятное значение, $P_{\text{макс}}$ – максимальная вероятность ПОС. Две последние характеристики получены из гистограмм. Интервалы дискретности по величине ПОС при построении гистограмм выбирались с учетом диапазона его изменений и составляли $0,02 - 0,05 \text{ м}^{-1}$. Характерный размер оптических неоднородностей определялся по первому нулевому значению корреляционной функции. Ошибки определения этих размеров, связанные с учетом направления и скорости прибрежных течений относительно направления и скорости буксировки, оценивались следующим образом. По рассчитанным размерам неоднородностей на прямой и обратной трассах вдоль Кавказского и Крымского побережий вычислялось их среднее значение. Его близость к фактическому размеру определялась квазипостоянством прибрежных течений в коротком интервале времени проведения измерений, равном 5 – 8 сут. При измерениях вдоль Анатолийского побережья рассчитанные размеры неоднородностей, видимо, превышают фактические из-за совпадения направления буксировки с генеральным направлением переноса вод в южной части моря. Учитывая, что скорость буксировки равна 9 узлам (4,5 м/с), а средняя скорость прибрежных течений ~ 0,5 м/с, можно считать, что ошибка измерения размера неоднородностей в этой части моря составляла 10 – 12 %.

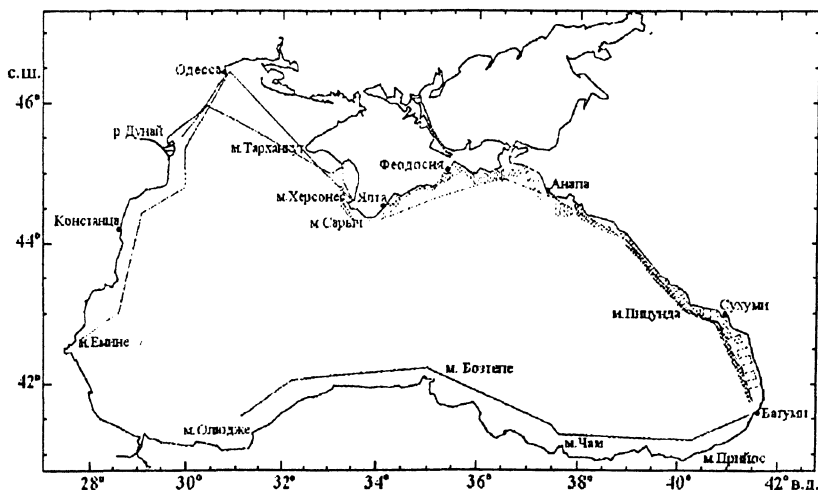


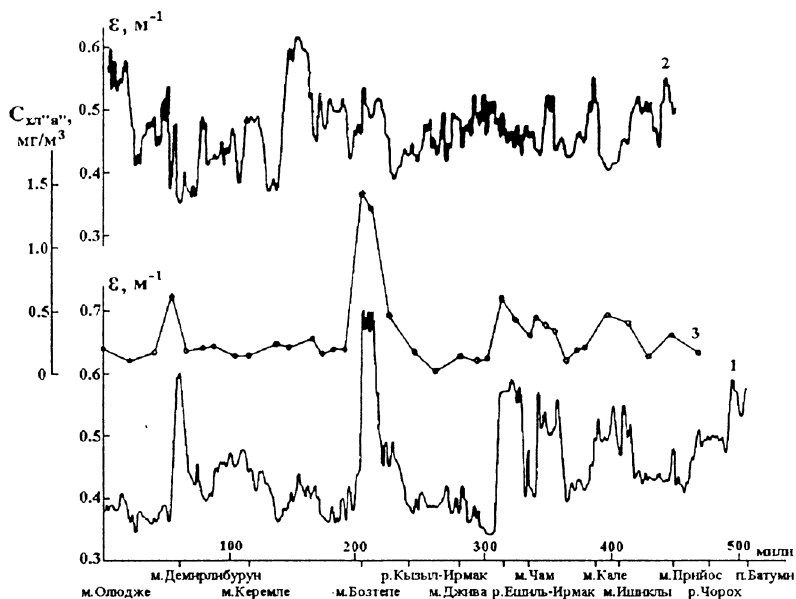
Рис. 1. Схема трасс буксировок прозрачномера

В отдельных экспедициях в поверхностном слое моря определялись концентрации взвешенного органического углерода и хлорофилла «а». Определение численности частиц взвеси проводилось прибором Пикоскель PS-4 (Венгрия) в диапазоне размеров 2 – 50 мкм [5].

Для учета ветровых условий, во многом определяющих динамику поверхностных вод в прибрежных районах моря, использовались судовые наблюдения ветра и материалы банка данных МГИ НАН Украины.

Результаты наблюдений

Анатолийское побережье (м. Олюдже – Батуми). Распределение прозрачности по этому маршруту наглядно отражало характерные особенности в изменении ПОС, связанные с предустьевыми районами рек Кызыл-Ирмак, Ешил-Ирмак и расположением портовых городов. На рис. 2 представлены распределения, полученные с годичным сдвигом во времени (апрель 1981 и 1982 гг.) на примерно одинаковых расстояниях от берега (13,5 – 20 миль). Можно проследить сходство в конфигурации этих реализаций, где наряду с сохранением диапазона измеряемых величин ПОС повторяются его основные максимумы в районах мысов Зонгулдак, Бозтепе, Чам и Ишиклы. В апреле 1981 г. на всем протяжении от м. Олюдже до Батуми отмечалась хорошая корреляция в распределении ПОС и содержания хлорофилла «а» (рис. 2). На подходе к Батуми наблюдалось возрастание мутности, что, видимо, связано с выносом большого количества взвешенного материала в приустьевый район р. Чорох. Причиной сложного характера распределения ПОС, очевидно, могло также служить меандрирование стрежня ОЧТ, вихреобразование на его боковых границах и связанное с ними перераспределение взвешенного вещества в поверхностных водах. Неоднократно отмечалось, что такие вихри наблюдались в районах мысов Олюдже, Керемпе, Чам, Ишиклы [10].



Р и с. 2. Распределение ПОС в апреле 1981 (1) и 1982 (2) годов и содержание хлорофилла «а» (3) в апреле 1981 г. на трассе вдоль Анатолийского побережья

В летний период (июнь 1984 г.) характер изменчивости распределения ПОС вдоль побережья на таких же расстояниях от берега, как в 1981 и 1982 гг., в основном сохранил отмеченные для весеннего периода особенности. Это также подтверждается сравнением числовых характеристик ПОС в эти сезоны (таблица). Диапазон его изменений в весенне-летний период находился в пределах $0,3 - 0,8 \text{ м}^{-1}$. Наиболее вероятные значения ПОС весной составляли $0,4 - 0,47 \text{ м}^{-1}$, летом $0,5 - 0,54 \text{ м}^{-1}$. Их максимальная вероятность в оба сезона была примерно одинаковой и равнялась $0,15 - 0,18$. Также были близки средние значения ПОС, равные $0,44 - 0,48 \text{ м}^{-1}$.

**Характеристики изменчивости показателя ослабления света (ε)
в поверхностных прибрежных водах Черного моря**

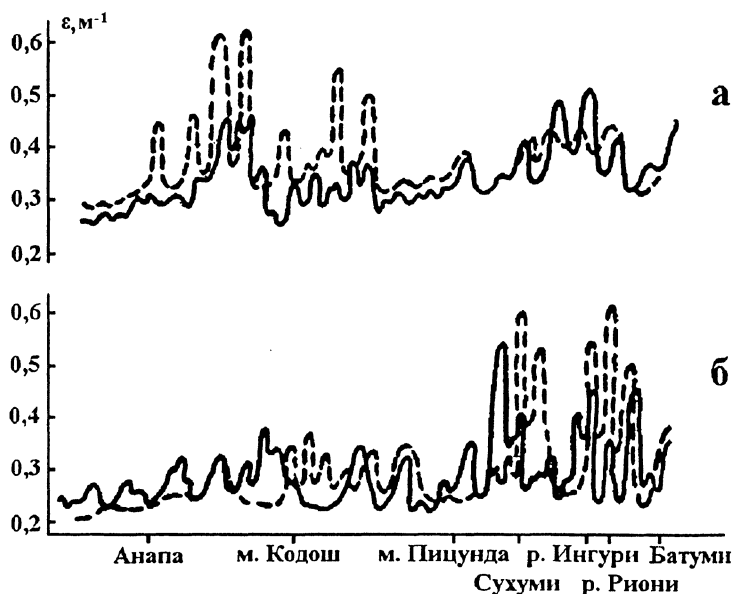
Побережье	Судно, № рейса, дата	Диапазон изменений		$P_{\text{макс}}$	$\varepsilon_{\text{ср}}, \text{М}^{-1}$
		$\varepsilon, \text{М}^{-1}$	$\varepsilon_{\text{вер}}, \text{М}^{-1}$		
Анатолийское					
м. Олюдже – Батуми	«Муксун», 76, апрель 1981	0,34 – 0,72	0,4 – 0,42	0,18	0,44
м. Олюдже – м. Прийос	«Ай-Тодор», 3, апрель 1982	0,35 – 0,62	0,46 – 0,47	0,17	0,47
м. Джива – Батуми	«Акад. Вернадский», 29, июнь 1984	0,3 – 0,8	0,5 – 0,54	0,15	0,48
Амасра – м. Прийос	«Акад. Вернадский», 23, ноябрь 1980	0,28 – 0,36	0,28 – 0,29	0,33	0,3
Кавказское					
Батуми – Анапа	«Муксун», 41, октябрь 1977	0,18 – 0,65	0,3 – 0,34	0,2	0,35
Батуми – Анапа	«Муксун», 45, март 1978	0,21 – 0,6	0,28 – 0,3	0,25	0,31
Батуми – Анапа	«Муксун», 52, ноябрь 1978	0,22 – 0,6	0,32 – 0,35	0,28	0,34
Батуми – Анапа	«Ай-Тодор», 1, июнь 1979	0,2 – 0,5	0,26 – 0,28	0,16	0,28
Крымское					
м. Сарыч – Керченский пролив	«Муксун», 41, октябрь 1977	0,18 – 0,34	0,22 – 0,23	0,35	0,24
м. Сарыч – Керченский пролив	«Муксун», 45, март 1978	0,16 – 0,26	0,18 – 0,2	0,56	0,21
Ялта – Керченский пролив	«Муксун», 52, ноябрь 1978	0,2 – 0,28	0,2 – 0,22	0,48	0,22
м. Херсонес – Керченский пролив	«Ай-Тодор», 1, июнь 1979	0,13 – 0,24	0,2 – 0,22	0,5	0,22
м. Херсонес – м. Тарханкут	«Муксун», 45, март 1978	0,16 – 0,28	0,18 – 0,2	0,4	0,19
Севастополь – м. Тарханкут	«Муксун», 99, март 1984	0,34 – 0,5	0,36 – 0,38	0,23	0,38
Румелийское					
Одесса – м. Мидия	«Муксун», 97, ноябрь 1983	0,26 – 0,4	0,28 – 0,3	0,71	0,34
Одесса – м. Емине	«Муксун», 99, март 1984	0,4 – 2,2	–	–	–

Осенью (ноябрь 1980 г.) и в весенне-летний период характер распределения ПОС и его числовые характеристики различались. Осенью распределение ПОС было более однородным, диапазон изменения и его среднее значение – заметно ниже. Это, видимо, объясняется уменьшением влияния относительно мутных прибрежных вод на прозрачность в районе измерений в связи с большей удаленностью трасс буксировки прозрачномера от берега (в среднем на 10 – 15 миль) в осенний период. Пространственный размер оптических неоднородностей во все сезоны года был примерно одинаков (5 – 7 миль).

Кавказское побережье. Структура поля прозрачности и особенности ее формирования в поверхностном слое вдоль Кавказского побережья в различные сезоны года рассмотрены в работах [4, 5].

Характер распределений ПОС и диапазон его изменчивости на различных участках прибрежной зоны вдоль Кавказского побережья в осенне-зимний период 1978 г. показаны на рис. 3. Трассы буксировок проходили вблизи путей, рекомендованных для вдольберегового судоходства, на расстоянии от берега 1,5 – 10 миль. Области повышенных значений ПОС шириной 5 – 20 миль регистрировались в районах впадения крупных рек (Риони, Ингури, Кодори, Супса) и портово-промышленных городов (Батуми, Сухуми, Новороссийск и др.). Значения ПОС, как правило, увеличивались с севера в юго-восточном направлении. Отличие зарегистрировано осенью 1978 г. на обратном галсе на участке северо-западнее м. Кодош (рис. 3,а). В весенне-летний период 1979 – 1983 гг. характер распределения ПОС [4, 5] в общих чертах был близок к осенне-зимнему. Отличие заключалось в его более высоких значениях в весенний период, особенно в предустьевых районах рек. Помимо сезонной эти распределения показали наличие достаточно высокой кратковременной (единицы суток) изменчивости ПОС. Так, его более высокие значения измерены на северо-западном (рис. 3,а) и юго-восточном (рис. 3,б) участках побережья на обратных галсах, выполнявшихся через 2 – 5 сут после измерений на прямых галсах на более близких (на 1,5 – 2,5 мили) к берегу расстояниях. Проведенные 24 – 29 июня 1979 г. измерения на четырех вдольбереговых трассах, расположенных на различных расстояниях от берега (2 – 13,5 мили), показали, что при удалении от берега изрезанность распределений ПОС уменьшалась, а его значения и содержание взвешенного органического углерода снижались. Особенно заметно это наблюдалось в районах впадения рек (Ингури, Кодори, Хипста) и крупных портовых городов (Сухуми, Поти и др.) [5].

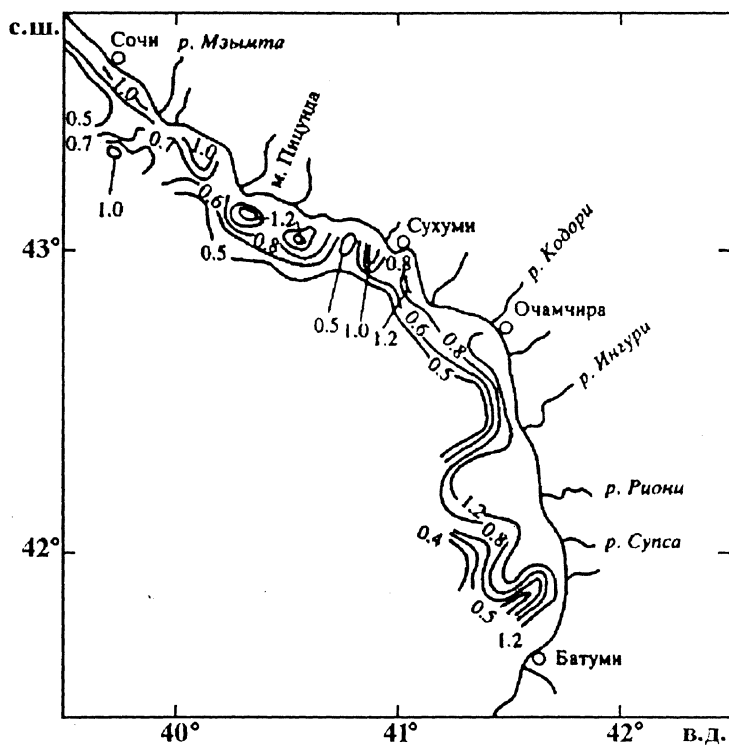
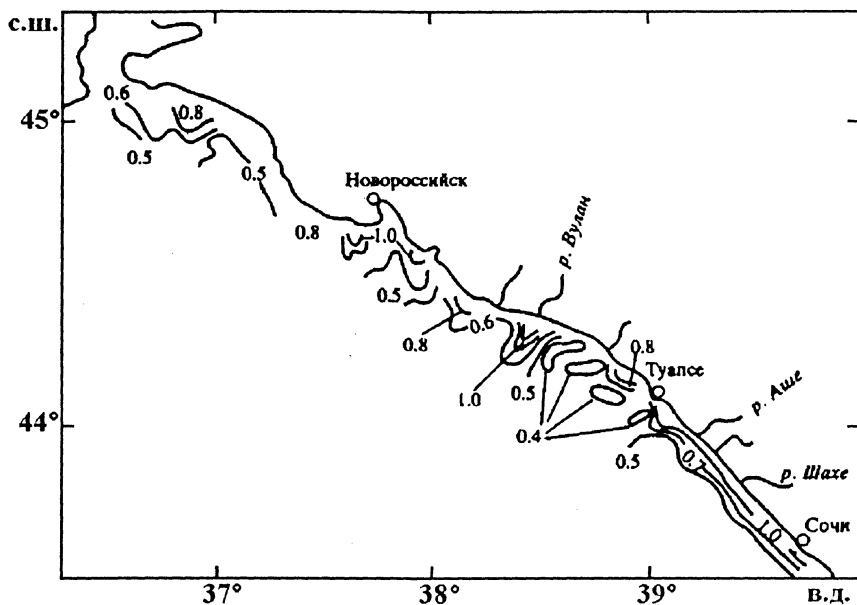
На кратковременную изменчивость распределения ПОС также оказывает влияние изменение динамических условий в прибрежной зоне. Так, перемещение области относительно прозрачных вод, зарегистрированной в марте 1978 г. юго-восточнее м. Кодош на прямом галсе и северо-западнее – на обратном (рис. 3,б), объяснялось возможным вдольбереговым движением прибрежного антициклонического вихря с относительно прозрачными водами в его центральной части [4]. В работе [5] также описано влияние такого вихря (но только переносившего мутные воды) на распределения ПОС и температуры, полученные в этом же районе при постоянных ветровых условиях на прямом (24 июня 1979 г.) и обратном (29 июня) галсах, одинаково удаленных от берега.



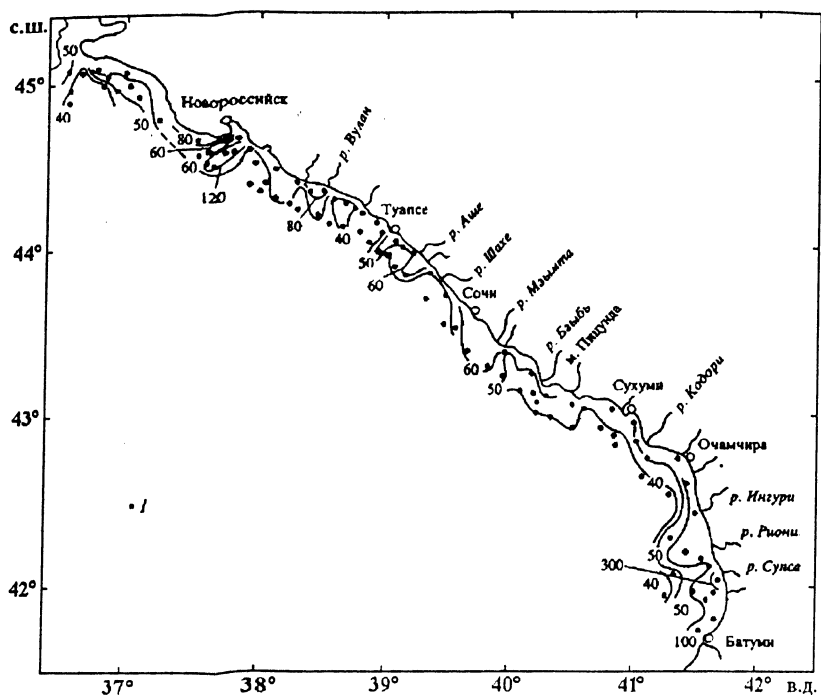
Р и с. 3. Распределение ПОС вдоль Кавказского побережья в осенний (а – 25 ноября – 4 декабря 1978 г.) и зимний (б – 11 – 16 марта 1978 г.) гидрологические сезоны (сплошная линия: Анапа – Батуми, штриховая: Батуми – Анапа)

Анализ данных, полученных в 1977 – 1979 гг., показал, что диапазоны изменений ПОС ($0,18 - 0,65 \text{ м}^{-1}$) и его наиболее вероятных значений ($0,26 - 0,35 \text{ м}^{-1}$) в различные сезоны года примерно одинаковы (таблица). Также близки средние значения, изменявшиеся в пределах $0,28 - 0,35 \text{ м}^{-1}$. В основном они ниже, чем в районе Анатолийского побережья. Также меньше характерный размер оптических неоднородностей (2 – 4,5 мили).

Помимо анализа распределений ПОС на вдольбереговых трассах в сентябре 1987 г. в течение 9 сут были проведены детальные исследования поля прозрачности в полосе прибрежной зоны (шириной до 11 миль) вдоль всего побережья на галсах, ориентированных перпендикулярно и параллельно береговой черте (рис. 1). Полученные результаты позволили детально представить структуру поля прозрачности вдоль Кавказского побережья (рис. 4). Анализ распределения числа частиц суммарной взвеси (рис. 5) и значений ПОС, полученных одновременно, показал их хорошую согласованность. Области с повышенным содержанием частиц взвеси, расположенные в районах впадения крупных и средних рек и портово-промышленных городов, характеризовались повышенными значениями ПОС. Эти значения, а также число частиц взвеси уменьшались с удалением от берега. Это наиболее заметно на участке Очамчира – Батуми, выделявшемся в прибрежной зоне максимальными значениями ПОС и содержания частиц взвеси. В сентябре 1987 г. по сравнению с концом 70-х – началом 80-х годов XX столетия наблюдалось заметное увеличение ПОС вдоль всего побережья, что совпало с известным понижением прозрачности вод в Черном море в конце 80-х годов [11].



Р и с. 4. Распределение ПОС (м⁻¹) вдоль Кавказского побережья 18 – 26 сентября 1987 г.

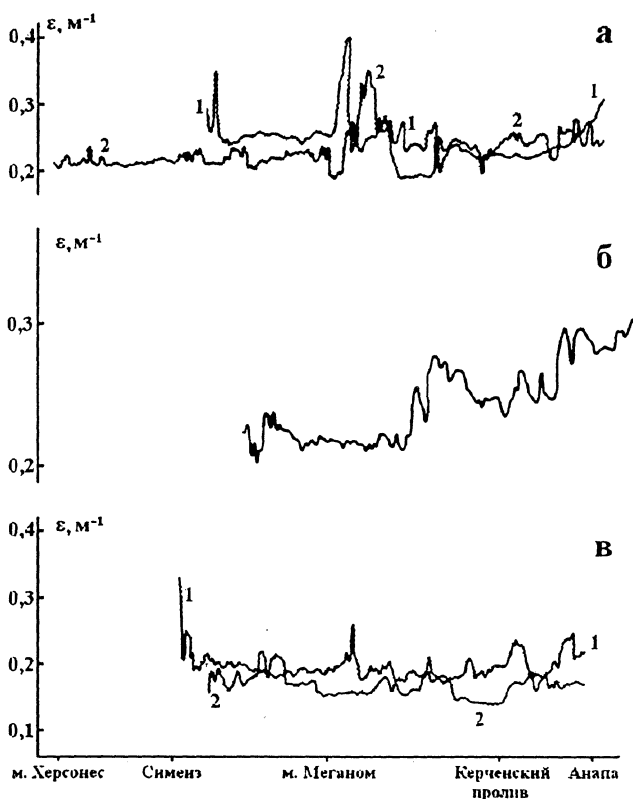


Р и с. 5. Распределение числа частиц суммарной взвеси (тыс/л) вдоль Кавказского побережья 18 – 26 сентября 1987 г.

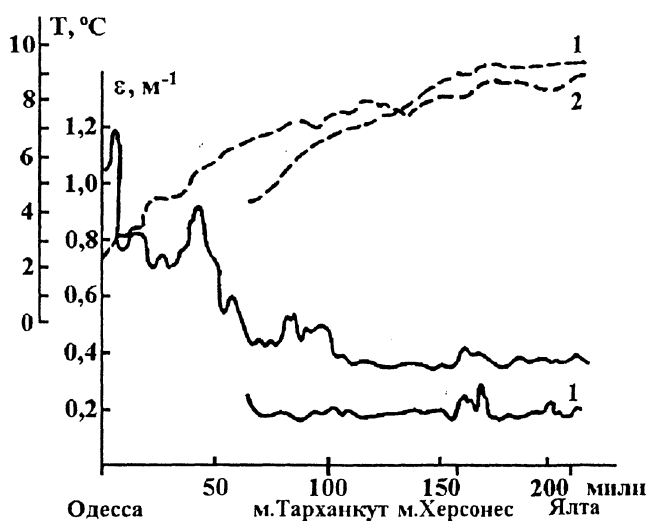
Крымское побережье. Многолетние измерения ПОС на трассах вдоль Крымского побережья показали, что поверхностные прибрежные воды от м. Тарханкут до м. Киик-Атлама выделяются среди прибрежных вод большинства районов моря более высокой прозрачностью во все сезоны года, близкой к прозрачности поверхностных вод открытого моря [2.6]. Трассы буксировок проходили вблизи путей, рекомендованных для вдольберегового судоходства, на расстоянии от побережья 1,5 – 12 миль. Вдольбереговые изменения ПОС в осенне-зимние периоды 1977 – 1984 гг. показаны на рис. 6, 7. Для распределения ПОС характерна незначительная пространственная (вдольбереговая) и временная (межсуточная, сезонная) изменчивость его абсолютных величин. Диапазон их изменений в 1977 – 1979 гг. (см. таблицу) составлял $0,16 - 0,34 \text{ м}^{-1}$. Диапазон наиболее вероятных значений $0,18 - 0,23 \text{ м}^{-1}$, вероятность их регистрации $0,35 - 0,56$. Средние значения ПОС мало отличались и были равны $0,19 - 0,24 \text{ м}^{-1}$. Характерный размер оптических неоднородностей изменялся в диапазоне 2 – 3 мили. Отметим, что при сохранении характера вдольберегового распределения прозрачности вод (рис. 7) в марте 1984 г. наблюдалось заметное увеличение ПОС (в 1,5 – 2 раза) по сравнению с мартом 1978 г. При этом значения прозрачности прибрежных вод и вод открытого моря, как и в прежние годы, были близки.

Небольшая изменчивость в распределении ПОС (рис. 6), наблюдаемая на прямой и обратной вдоль береговых трассах через 7 – 10 сут, в основном объяснялась их различным удалением от береговой черты. Отдельные участки

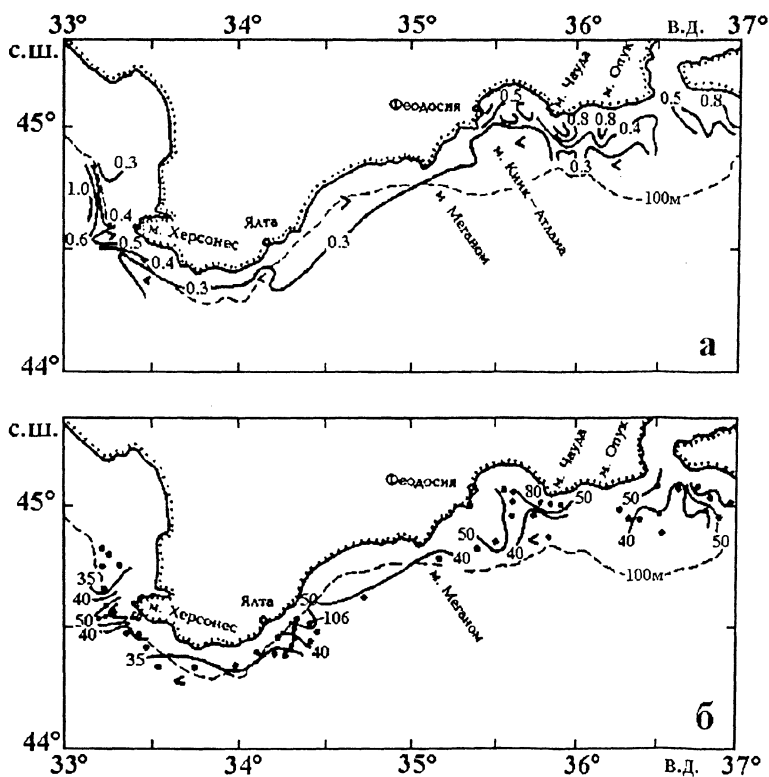
повышенной мутности протяженностью 0,5 – 5 миль находились, как правило, в районах портовых и курортных городов. Отмечено понижение прозрачности вод в районе Феодосийского залива и при приближении к Керченскому проливу, что объясняется влиянием азовоморских вод. Достаточно наглядно это проявилось при детальной съемке прибрежной зоны в сентябре 1987 г. на трех полигонах (м. Херсонес, Ялтинский залив, между м. Киик-Атлама и Керченским проливом) и трассах между ними. Измерения на полигонах позволили получить достаточно подробную и согласованную картину пространственного распределения прозрачности и частиц суммарной взвеси на значительной части прибрежной зоны Крыма (рис. 8) [2,6]. От м. Херсонес до м. Киик-Атлама наблюдалось достаточно однородное распределение ПОС и частиц взвеси. Участки прибрежной зоны с пониженной прозрачностью вод (западнее м. Херсонес, район Феодосии, между мысами Чауда и Опук) совпадали с областями повышенного содержания суммарной взвеси. При удалении от берега прозрачность вод повышалась, а число частиц взвеси уменьшалось.



Р и с. 6. Распределение ПОС вдоль юго-восточной части Крымского побережья в осенний (а – 22 – 31 октября 1977 г., б – 24 – 29 ноября 1978 г.) и зимний (в – 10 – 16 марта 1978 г.) гидрологические сезоны (1 – м. Херсонес – Керченский пролив, 2 – Керченский пролив – м. Херсонес)



Р и с. 7. Распределение ПОС (сплошная линия) и температуры (штриховая) вдоль юго-западной части Крымского побережья 16 – 17 марта 1978 г. (1) и 14 – 15 марта 1984 г. (2)

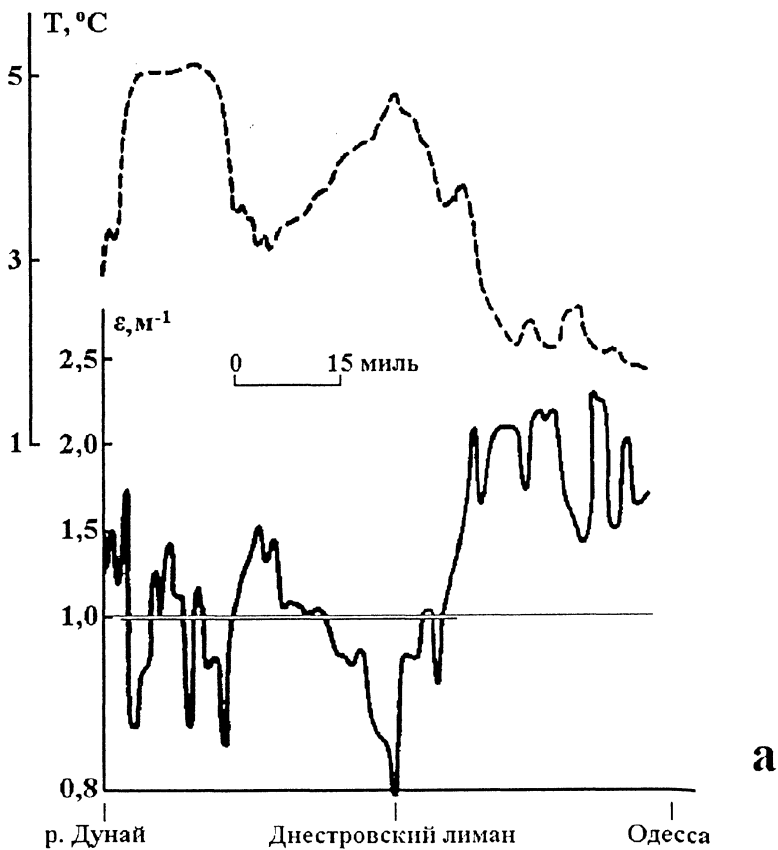


Р и с. 8. Распределение ПОС (M^{-1}) – а и числа частиц суммарной взвеси (тыс/л) – б вдоль Крымского побережья 13 – 18 сентября 1987 г.

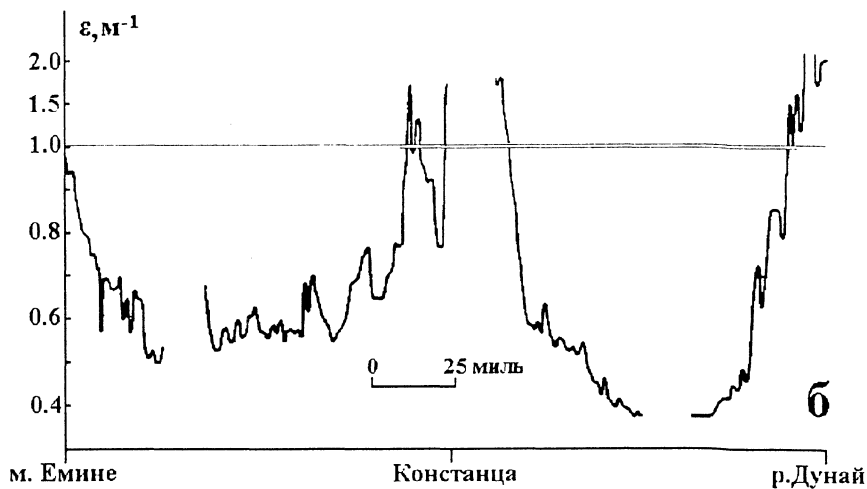
Северо-западная часть (м. Тарханкут – Одесса – м. Емине). Особенности распределения и формирования поля прозрачности вод вдоль северного и западного берегов северо-западной части моря и их изменчивость были рассмотрены в [1 – 3,6,7]. На участке от м. Тарханкут до Одессы прозрачность вод, по данным измерений в марте 1984 г., заметно понижалась (рис. 7), что, видимо, связано с влиянием трансформированных речных вод, поступающих из Днепро-Бугского лимана. Кроме того, в этих водах зарегистрировано повышенное содержание хлорофилла «а» (в 3 – 8 раз) по сравнению с водами юго-западной части Крымского побережья [6].

Распределение ПОС от Одессы до м. Емине в марте 1984 г. имело сложный характер (рис. 9). На участке от Одессы до приустьевых районов Дуная горизонтальное распределение ПОС достаточно неоднородно (хотя в целом наблюдалась тенденция повышения прозрачности вод в южном направлении). Оно имело одинаковые с температурными неоднородностями изменения с характерным масштабом ~ 16 миль (рис. 9,а). При этом более мутным водам соответствовали холодные и наоборот. Такие одновременные изменения прозрачности и температуры, скорее всего, можно объяснить прерывистым характером поступления больших по объему масс холодных и относительно мутных речных вод из Днепро-Бугского и Днестровского лиманов и связанным с этим усиливающимся меандрированием вдольберегового течения. В этом течении наблюдались также мелкомасштабные (1 – 5 миль) изменения прозрачности и температуры. Диапазон изменений ПОС составлял $0,8 - 2,2 \text{ м}^{-1}$. В осенний период (ноябрь 1983 г.), когда речной сток был ограниченным, на этом же участке побережья распределение ПОС не имело заметной изрезанности. В то же время наблюдались изменения ПОС и температуры с тем же масштабом (~ 16 миль), как и зимой [2]. На участке прибрежной зоны южнее устья Дуная изрезанный характер распределения ПОС сохранился (рис. 9,б). Диапазон его изменений, равный $0,4 - 2,2 \text{ м}^{-1}$, даже выше, чем на северном участке. Однако среднее значение ПОС понизилось. Высокие значения ПОС, измеренные на участке прибрежной зоны в районе Констанцы на расстоянии более 20 миль от берега, объяснялись возможным влиянием динамики вод [3,6]. Направленность течений, по данным электромагнитного измерителя, и пониженная (на $1,5 - 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$) по сравнению с окружающей температура воды свидетельствовали о возможном существовании здесь антициклонического меандра или вихря, переносящего вместе с вдольбереговым течением трансформированные речные воды в южном направлении.

Распределение ПОС (рис. 9) хорошо согласовывалось с распределением содержания хлорофилла «а» [3,6]. Его максимальные концентрации определены на участках прибрежной зоны с максимальными значениями ПОС (южнее Одессы, приустьевый район Дуная, восточнее Констанцы и у м. Емине). На других вдольбереговых участках наблюдалось почти пропорциональное изменение концентраций хлорофилла «а» и ПОС.



а



б

Р и с. 9. Распределение ПОС на вдольбереговых галсах Одесса – р. Дунай (а) – м. Еминье (б) в марте 1984 г.

Заключение

Результаты многолетних наблюдений позволили определить основные особенности и числовые характеристики распределения ПОС, а также установить некоторые факторы, влияющие на его формирование и изменчивость в поверхностных прибрежных водах Черного моря.

На большинстве участков прибрежной зоны распределение ПОС было неоднородно, а его профили имели сложный характер. При удалении от берега прозрачность вод, как правило, повышалась, а изрезанность профилей ПОС уменьшалась. Распределение ПОС в основном определялось распределением взвешенного вещества, которое, в свою очередь, зависело от расположения источников берегового стока (речного и промышленно-бытового), условий смешения этих стоков с морскими водами и их динамики, а также от развития фитопланктона.

Области повышенной мутности находились в основном в районах крупных портовых и курортных городов и приустьевых зонах рек, где также отмечалось повышенное содержание взвеси. Наблюдались случаи переноса мутных вод антициклоническими вихрями вдоль Анатолийского, Кавказского побережий и в северо-западной части моря.

Наиболее прозрачные воды, близкие к прозрачности вод открытого моря, и невысокая пространственно-временная изменчивость ПОС отмечены вдоль Крымского побережья. Наиболее мутные воды и высокая изменчивость пространственного распределения ПОС регистрировались в северо-западной части моря. Прозрачность вод вдоль Анатолийского и Кавказского побережий в среднем одинакова, но выше, чем в северо-западной части.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агафонов Е.А., Кукушкин А.С., Прохоренко Ю.А., Каминский С.Т. Пространственная структура и изменчивость полей течений, показателя ослабления света и температуры в поверхностном слое северо-западной части Черного моря // Морской гидрофизический журнал. – 1998. – №4. – С. 57 – 69.
2. Агафонов Е.А., Кукушкин А.С., Прохоренко Ю.А. Особенности распределения показателя ослабления света в поверхностном слое черноморских вод прибрежной зоны Украины в осенний и зимний периоды // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовых зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – Севастополь: МГИ НАН Украины, 1999. – С.138 – 148.
3. Агафонов Е. А., Кукушкин А. С., Прохоренко Ю. А. Исследование распространения речных вод в северо-западной части Черного моря в весенний гидрологический сезон // Метеорология и гидрология. – 2000. – №8. – С.93 – 101.
4. Агафонов Е. А., Кукушкин А. С., Прохоренко Ю. А. Структура и изменчивость поля прозрачности поверхностных вод прибрежной зоны Кавказского побережья Черного моря // Морской гидрофизический журнал. – 2000. – №1. – С.66 – 79.
5. Агафонов Е. А., Кукушкин А. С., Прохоренко Ю. А. Структура поля прозрачности и особенности ее формирования в поверхностном слое вод прибрежной зоны Кавказского побережья в весенне-летний период // Океанология. – 2001. – 41, №6. – С.815 – 826.
6. Агафонов Е. А., Кукушкин А. С., Прохоренко Ю. А. Особенности формирования поля прозрачности поверхностных вод на шельфе северных районов Черного моря // Морской гидрофизический журнал. – 2002. – №2. – С.65 – 77.
7. Воскресенская Е. Н., Кукушкин А. С., Бурлакова З. П., Еремеева Л. В. Влияние крупномасштабных атмосферных процессов на формирование гидрофизических и гидробиоло-

гических полей в северо-западной части Черного моря в зимний период // Морской экологический журнал. – 2004. – №3. – С.29 – 36.

8. Агафонов Е.А., Кукушкин А.С., Прохоренко Ю.А. Статистические оценки экспериментальных распределений показателя ослабления света в прибрежных водах, прилегающих к берегам Украины // Системы контроля окружающей среды. – Севастополь: МГИ НАН Украины, 2001. – С.292 – 296.
9. Маньковский В.И. Оптические характеристики прибрежных вод Черноморского побережья Украины // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовых зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – Севастополь: МГИ НАН Украины, 1999. – С.149 – 152.
10. Богатко О.Н., Богуславский С.Г., Беляков Ю.М., Иванов Р.И. Поверхностные течения Черного моря // Комплексные исследования Черного моря. – Севастополь: МГИ НАН УССР, 1979. – С.25 – 33.
11. Маньковский В.И., Владимиров В.Л., Афонин Е.А. и др. Многолетняя изменчивость прозрачности в Черном море и факторы, обусловившие ее сильное снижение в конце 80-х – начале 90-х годов. – Севастополь, 1996. – 32с. – (Препринт / НАН Украины. МГИ).

Морской гидрофизический институт НАН Украины,
Севастополь

Материал поступил
в редакцию 30.03.05
После доработки 20.05.05

ABSTRACT Basic features of the surface water transparency distribution along the Anatolian, Caucasian, Crimean and the northwest Black Sea coast in various seasons are considered based on multi-year (1977- 1987) data on the beam attenuation coefficient measured by a towed transparency-meter. Numerical characteristics of the beam attenuation coefficient (variation range, most probable values, average value, characteristic scale of optical inhomogeneities) are calculated for certain parts of the Black Sea littoral zone. A decisive effect of the suspension distribution closely related to the coastal run-off, water dynamics, biological and hydro-meteorological factors upon the formation of the transparency field structure is noted.