

## Особенности формирования поля прозрачности в поверхностном слое северо-западной части Черного моря в зимне-весенний период

А.С. Кукушкин, Е.Н. Воскресенская, В.Н. Маслова\*

*Морской гидрофизический институт НАН Украины  
99011, г. Севастополь, ул. Капитанская, 2*

Поступила в редакцию 20.03.2010 г.

По многолетним (1978–1995 гг.) данным наблюдений рассмотрены особенности формирования поля прозрачности в поверхностном слое в северо-западной части Черного моря в зимне-весенний период. Получены статистические оценки сезонных изменений показателя ослабления направленного света в районах исследований, различающихся по степени влияния стока рек и вод открытого моря. Показано, что содержание взвешенного вещества, в основном определяющее прозрачность воды, зависит от объемов стока речных вод, масштабов их распространения на северо-западном шельфе и региональных гидрометеорологических условий, которые, в свою очередь, зависят от гидрометеорологической обстановки в районах водосборов европейских рек Черноморского бассейна.

*Ключевые слова:* показатель ослабления направленного света, взвешенное вещество, речной сток, гидрометеорологические условия, изменчивость; beam attenuation coefficient, suspended matter, river run-off, hydro-meteorological conditions, variability.

### Введение

Береговые стоки, содержащие частицы твердого вещества (минерального и органического) и биогенные элементы, необходимые для образования нового органического вещества в результате фотосинтеза, продуцирование фитопланктона и его деструкция в основном определяют содержание взвешенного вещества и прозрачность вод в шельфовых и прибрежных районах морей и океанов. В настоящее время для изучения этих процессов, определяющих состояние и эволюцию прибрежных экосистем (биопродуктивность и эвтрофикацию), широко используются спутниковые наблюдения биооптических параметров [1–4]. Эти наблюдения имеют как преимущества (регулярность получения массовых данных на больших площадях), так и недостатки, связанные с невысокой точностью количественных оценок определяемых параметров, необходимостью учета региональных особенностей структуры атмосферного аэрозоля, ограниченного получения данных в зимний период в средних и высоких широтах из-за облачного покрова и др. [1, 5]. Поэтому по-прежнему желательно проводить натурные наблюдения распределения прозрачности и содержания взвешенного вещества [6, 7]. Сопоставление данных этих наблюдений со спутниковыми данными позволяет повысить точность последних.

В северо-западной части Черного моря (СЗЧМ), отличающейся от других районов моря антропогенной нагрузкой, большие объемы загрязненных береговых стоков (речные и промышленно-бытовые, смыв удобрений с полей и др.) существенно влияют на прозрачность вод и содержание в них взвешенных веществ [7, 8]. Сезонная и межгодовая изменчивость этих характеристик в различных районах СЗЧМ в зимне-весенний период, распределения которых достаточно хорошо совпадали по материалам отдельных съемок, объяснялась в работе [7] изменчивостью размеров зоны влияния речного стока и вод открытого моря на эти районы, условиями смешения речных и морских вод и распространением трансформированных речных вод на северо-западном шельфе, а также изменчивостью продукционно-деструкционных процессов в фитопланктоне, связанных с наличием биогенных веществ и региональными гидрометеорологическими условиями.

Известно, что межгодовая изменчивость стока рек, впадающих в СЗЧМ, зависит от гидрометеорологических условий, наблюдаемых в зимне-весенний период над площадями их водосборов и в районе Северного Причерноморья. Аномалии этих условий в Европейском регионе формируются под влиянием глобальных атмосферных процессов в системе «океан – атмосфера» разных масштабов [9–11]. К основным климатическим сигналам межгодового масштаба относятся североатлантическое (САК) и южное (ЮК) колебания. В качестве меры их изменчивости часто используют безразмерные индексы САК и ЮК, представляющие собой нормированную разность

\* Александр Сергеевич Кукушкин (kukushkinas@mail.ru); Елена Николаевна Воскресенская; Вероника Николаевна Маслова.

приземного атмосферного давления между Азорским максимумом и Исландским минимумом и между о. Таити и портом Дарвин соответственно. Влияние САК и ЮК на формирование погодно-климатических аномалий межгодового – десятилетнего масштабов максимально выражено в зимне-весенний период.

В настоящей статье обобщаются результаты исследований изменчивости распределения показателя ослабления направленного света в поверхностном слое СЗЧМ в зимне-весенний период под влиянием различных факторов.

## Материалы и методы

Рассмотрены материалы многолетних (1978–1995 гг.) одновременных наблюдений показателя ослабления направленного света (ПОС), глубины видимости белого диска ( $Z_6$ ), температуры и солености морской воды, взвешенного органического вещества (ВОВ) и хлорофилла «а», полученные в 14 морских экспедициях, а также среднемесячные спутниковые данные о концентрации хлорофилла (радиометр CZCS) за 1978–1986 гг. В исследованиях использовали однотипные зондирующие (зимой выполнено 52 станции, весной – 100 станций) [12, 13] и буксируемые (зимой – 1670 миль, весной – 730 миль) [14] прозрачномеры, измеряющие ПОС при десятичном основании логарифма и длине волны 420 нм. Для увеличения массива данных по ПОС, примененных для построения осредненных за весь период наблюдений сезонных карт его распределений в СЗЧМ, измеренные весной в отдельных экспедициях с помощью диска Секки значения  $Z_6$  (118 станций) были пересчитаны в значения ПОС( $\epsilon$ ) по формуле  $\epsilon = 3,8/Z_6 - 0,05$  для длины волны 420 нм. Сопоставление измеренных и рассчитанных по  $Z_6$  значений ПОС показало их хорошее совпадение [7].

Использование буксируемого комплекса МГИ 2201, измеряющего ПОС и температуру на глубине 4–5 м с высоким пространственным разрешением (дискретность отсчетов составляла 0,5 мили), позволило в сжатые сроки получить достаточно подробные натурные данные в районах СЗЧМ с высокой изменчивостью гидрофизических параметров (районы смещения морских и речных вод [8]), а также провести измерения в условиях часто повторяющегося (особенно в зимний период) значительного волнения моря, затрудняющего использование зондирующих приборов на дрейфовой станции. Погрешность измерения ПОС обоими типами прозрачномеров не превышала  $0,02 \text{ м}^{-1}$ .

Для анализа также использовали характеристики крупномасштабных атмосферных процессов (среднемесячные индексы САК и ЮК за 1891–2000 гг.) и региональных гидрометеорологических условий (среднемесячные значения температуры воздуха и количества осадков в районах водосбора рек, впадающих в СЗЧМ, по данным стандартных наблюдений в Причерноморье в XX в. и данным реанализа NCEP/NCAR за 1950–2001 гг. с осреднением по пространству около  $1,8 \times 1,8^\circ$ , и среднемесячные

расходы этих рек за 1947–2000 гг.). Изменчивость этих характеристик выражалась в терминах их средних квадратических отклонений  $\sigma$  от средних климатических значений. Для вычислений использовались пакеты стандартных статистических программ.

## Результаты и обсуждение

Для построения карт сезонных распределений средних значений ПОС и концентрации хлорофилла «а» СЗЧМ была разбита на прямоугольники со сторонами, равными  $15'$  по широте и  $20'$  по долготе. Практически их форма приближалась к квадратам со стороной 15 миль. По данным измерений, выполненных в каждом сезоне в этих квадратах, вычислялись средние значения ПОС и концентрации хлорофилла «а», которые относились к центру квадрата, в котором они вычислялись. Эти центры, обозначенные на картах кружками, дают представление о пространственном расположении станций с данными, использованными для построения этих карт. Особенности формирования поля прозрачности рассмотрены для районов СЗЧМ, различных по степени влияния стока рек и вод открытого моря (рис. 1).

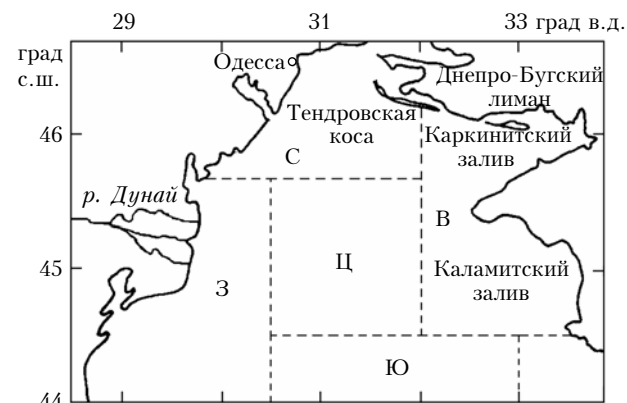


Рис. 1. Районы северо-западной части моря: западный (З), северный (С), центральный (Ц), восточный (В) и южный (Ю)

Распределение средних значений ПОС в зимне-весенний период показано на рис. 2, а, б.

Для зоны трансформации речных вод, расположенной в западном и северном районах СЗЧМ, во все сезоны характерны низкая прозрачность и повышенные концентрации взвешенного вещества по сравнению с другими районами [7, 8]. В зимний период речной сток минимален и граница этой зоны, определенная по изохалине 17‰ и ПОС –  $0,5–0,6 \text{ м}^{-1}$ , располагалась почти параллельно западному берегу на расстоянии 12–25 миль от него (рис. 2, а). Прозрачность вод в западном и северном районах изменялась от очень низкой (ПОС равен  $2–5 \text{ м}^{-1}$ ) вблизи устьевых участков Дуная и Днепро-Бугского лимана до достаточно высокой –  $0,2–0,35 \text{ м}^{-1}$  (таблица).

Такая относительно высокая прозрачность наблюдалась, например, в декабре 1986 г. (рис. 3), когда зона трансформации была прижата к западному и северному берегам и значительная часть СЗЧМ находилась под влиянием вод открытой части моря [7].

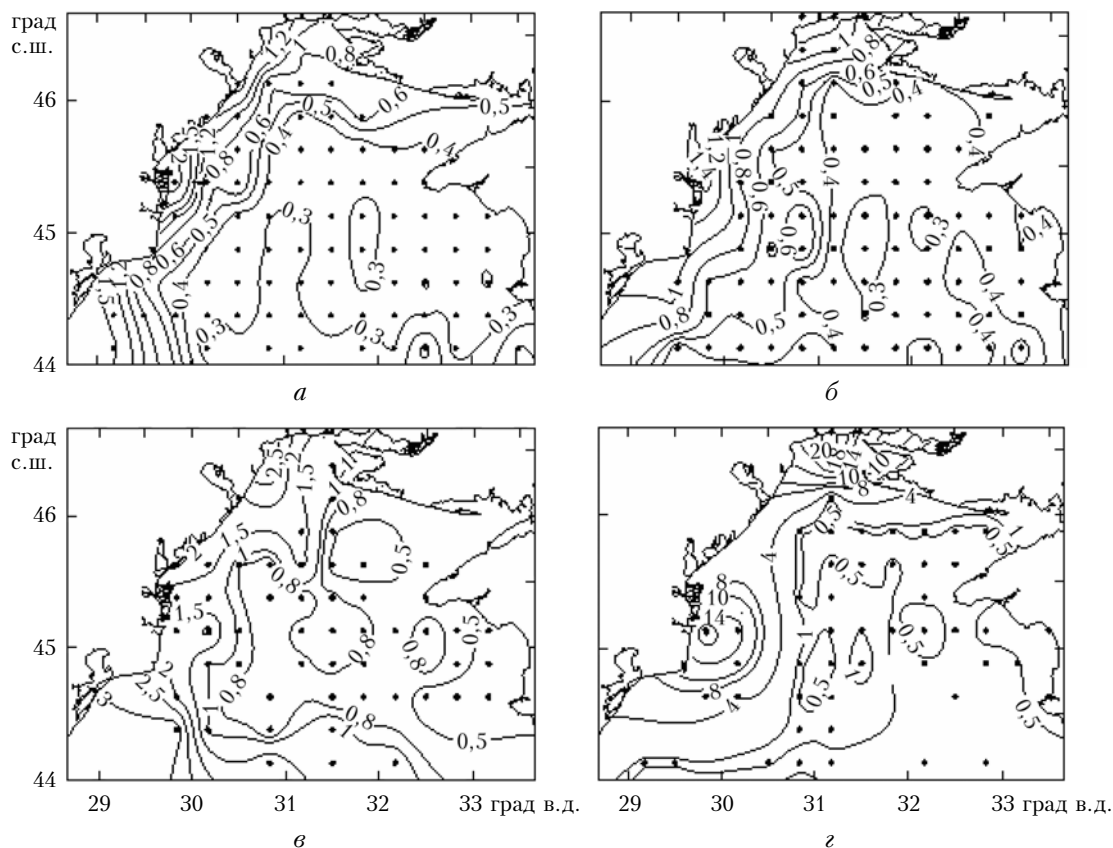


Рис. 2. Распределение показателя ослабления света,  $m^{-1}$  (а, б), и концентрации хлорофилла «а»,  $mg/m^3$  (в, г), в зимний (а, в) и весенний (б, г) периоды

**Сезонные изменения минимальных и максимальных значений (min, max,  $m^{-1}$ ), математического ожидания ( $M$ ,  $m^{-1}$ ), среднего квадратического отклонения ( $\sigma$ ,  $m^{-1}$ ) и коэффициента вариации ( $v$ , %) показателя ослабления света в различных районах СЗЧМ**

Сезон	Величина	Район				
		Западный	Центральный	Северный	Восточный	Южный
Зима	min	0,35	0,18	0,2	0,17	0,21
	max	5,0	0,89	1,96	0,48	0,43
	$M$	0,6	0,38	0,86	0,32	0,35
	$\sigma$	0,3	0,11	0,44	0,08	0,05
	$v$	50	28	51	25	14
	$N/n^*$	5/84	4/94	2/21	4/61	3/28
Весна	min	0,3	0,19	0,36	0,23	0,23
	max	1,8	0,82	1,3	0,58	0,56
	$M$	0,81	0,36	0,74	0,4	0,35
	$\sigma$	0,37	0,12	0,35	0,08	0,1
	$v$	46	34	47	21	27
	$N/n^*$	5/18	7/100	2/15	5/34	5/38

\*  $N$  – количество рейсов,  $n$  – количество станций.

Прозрачность вод в северном районе [ПОС равен  $(0,86 \pm 0,44) m^{-1}$ ] была несколько ниже, чем в западном  $[(0,6 \pm 0,3) m^{-1}]$ . Это, возможно, связано с взмучиванием донных осадков в более мелководном северном районе во время зимних штормов. Внутри-сезонная изменчивость значений ПОС, в качестве

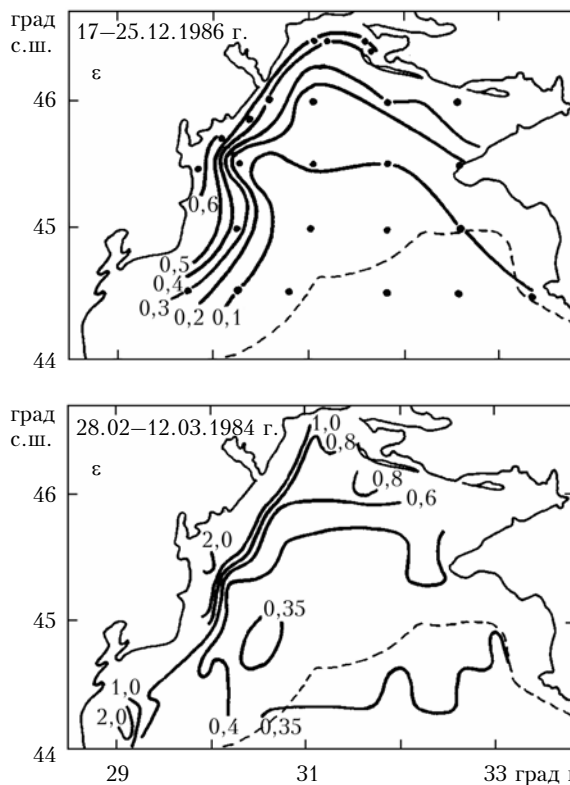


Рис. 3. Распределение показателя ослабления света,  $m^{-1}$ , в зимний период. Тонкая штриховая линия – изобата 100 м

оценки которой использован коэффициент вариации в процентах, в этих районах довольно высокая (51%). Содержание ВОВ по сравнению с другими районами здесь повышенное (пределы изменения концентрации хлорофилла — 0,8–3,5 мг/м<sup>3</sup>) (рис. 2, в), концентрация взвешенного органического углерода — (15 ± 8,8) мкМ [7]. В весенний период размеры зоны влияния речного стока увеличивались. При этом прозрачность в западном районе несколько понизилась [ПОС увеличился до (0,81 ± 0,37) м<sup>-1</sup>], а в северном даже немного повысилась [ПОС равен (0,74 ± 0,35) м<sup>-1</sup>]. Изменчивость ПОС в обоих районах незначительно уменьшилась. В то же время содержание ВОВ заметно увеличилось [7]. Так, концентрации хлорофилла (рис. 2, в) и взвешенного органического углерода увеличились в 5–10 раз (особенно в предустьевых районах Дуная и Днепро-Бугского лимана).

В центральном районе СЗЧМ, где влияние речного стока (в основном на его западную область) наблюдалось только в позднеосенний период (май, июнь) [7], прозрачность в зимний [ПОС равен (0,38 ± 0,11) м<sup>-1</sup>] и весенний [(0,36 ± 0,12) м<sup>-1</sup>] сезоны практически не изменилась (см. рис. 2, б и таблицу) и была близка к прозрачности вод открытого моря. Незначительное понижение прозрачности в конце весеннего половодья (вторая половина мая — первая половина июня) в основном обусловлено повышением содержания ВОВ за счет более интенсивного развития фитопланктона в обеспеченных биогенными элементами трансформированных речных водах, поступивших в этот район.

Восточный район СЗЧМ (за исключением его северного участка, куда весной могут проникать трансформированные воды из Днепро-Бугского лимана) в зимне-весенний период не подвержен влиянию трансформированных вод. Здесь прозрачность была выше [зимой ПОС равен (0,32 ± 0,08) м<sup>-1</sup>, весной — (0,4 ± 0,08) м<sup>-1</sup>], чем в западном и северном районах, а ее изменчивость была незначительной (21–25%). Зарегистрированное весеннее понижение прозрачности связано с более интенсивным весенним продуцированием фитопланктона. При этом концентрации компонентов ВОВ (взвешенные органические углерод и азот) увеличились весной в 1,5–2 раза.

Для южного района (свал глубин), находящегося под влиянием вод открытого моря, характерна незначительная внутрисезонная (зимой — 14%, весной — 27%) и заметная межгодовая изменчивость прозрачности, близкая к изменчивости прозрачности вод открытого моря. Содержание взвешенного вещества (суммарного и органического) в этом районе в оба сезона было в 1,5–2 раза выше, чем в центральном и восточном районах.

Заметная межгодовая изменчивость распределений ПОС в западном и северном районах СЗЧМ в работе [7] объяснялась межгодовой изменчивостью стока рек, впадающих в СЗЧМ, которая, как известно, зависит от гидрометеорологических условий в районах водосборов этих рек. В зимний период

эти условия определяют объемы накопления снегозапаса, а в весенний — интенсивность снеготаяния.

Влияние климатических факторов на формирование поля прозрачности в СЗЧМ рассмотрим по его изменчивости в периоды, охватывающие различные стадии развития события Эль-Ниньо — южное колебание (ЭНЮК) (рис. 4).

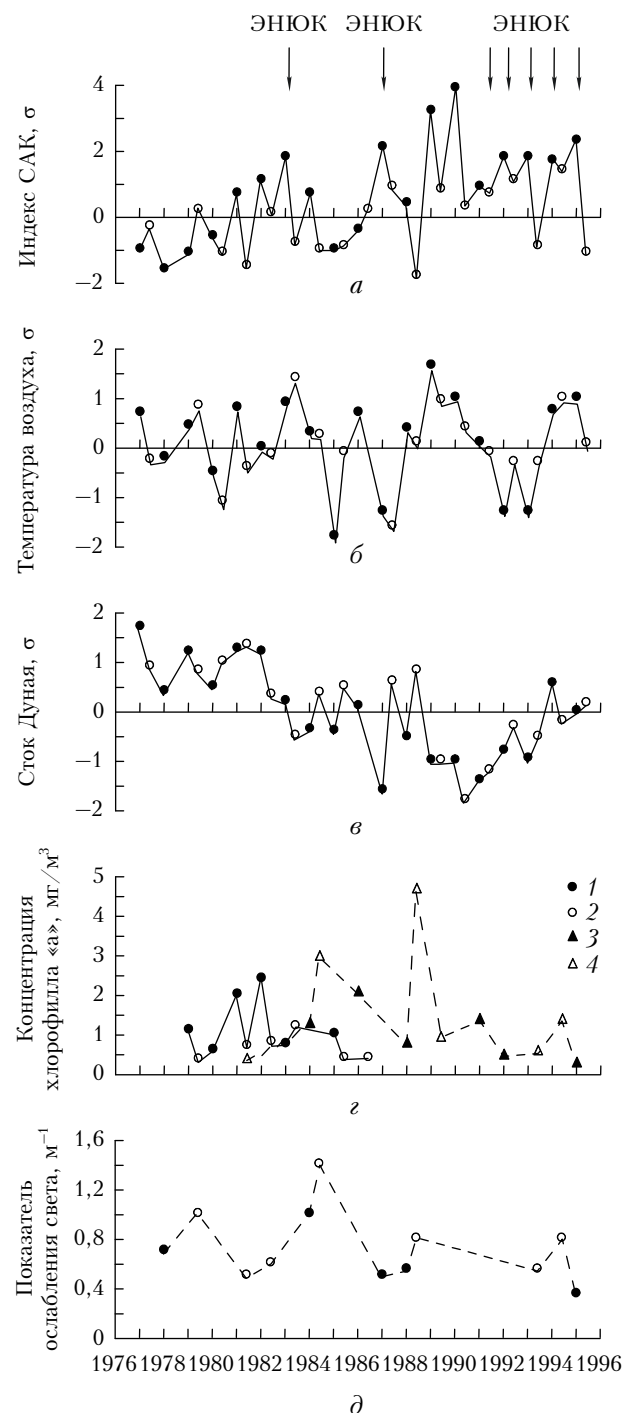


Рис. 4. Изменение средних значений аномалий индекса САК (а), температуры воздуха (б), объема стока Дуная (в), концентрации хлорофилла «а» (г) по спутниковым (1, 2) и натурным (3, 4) данным и показателя ослабления света (д) в зимний (1) и весенний (2) периоды

Так, наблюдаемые в декабре 1986 г. более высокая прозрачность вод в зоне трансформации и большая ее прижатость к западному берегу (см. рис. 3) по сравнению с декабрем 1987 г. объясняются следующим. К декабрю 1986 г. событие Эль-Ниньо достигло практически зрелого уровня и отмечалась интенсивная фаза САК [15]. Аномалия индекса САК в декабре достигала значения  $2,3\sigma$ , а аномалия индекса ЮК уменьшилась до  $-1,9\sigma$ . Отрицательные аномалии осадков и температуры воздуха, характерные для Эль-Ниньо в зимние периоды, привели к значимым отрицательным аномалиям стоков рек. Объем стока Дуная с октября по декабрь уменьшился с  $-1,2$  до  $-1,8\sigma$ . Кроме того, низкая температура воды (ниже климатической) ограничивала продуцирование фитопланктона и рост концентрации взвешенного вещества.

К декабрю 1987 г. событие Эль-Ниньо подходило к завершению. Аномалия индекса САК уменьшилась до значения  $-1,4\sigma$ , а индекс ЮК был близок к нулю. На спаде атмосферной активности возросло количество осадков и повысилась температура воздуха, что привело к увеличению стока Дуная и большому удалению границы зоны трансформации по сравнению с 1986 г. В конце зимы, в марте 1988 г., индексы САК и ЮК были в пределах нормы. Небольшое среднемесячное количество осадков и близкая к климатической температура воздуха обеспечивали среднегодовые сезонные объемы стока Дуная.

В марте 1984 г. (в переходный период после события Эль-Ниньо 1982–1983 гг.) также наблюдались близкие гидрометеорологические условия [15]. Из-

мерения показали, что в марте 1984 и 1988 гг. при сезонном увеличении речного стока содержание ВОВ в зоне трансформации увеличилось в  $1,5$ – $2$  раза, прозрачность вод понизилась ( $0,8$ – $1,0 \text{ м}^{-1}$ ), а ее граница отодвинулась от берега на  $15$ – $25$  миль [7]. При этом в марте 1984 г. после умеренно теплой зимы (Эль-Ниньо отсутствовало) эта граница находилась дальше от берега, а воды в этой зоне были более мутными (см. рис. 3), чем в марте 1978 г. после более холодной зимы (Эль-Ниньо 1976–1978 гг. подходило к завершению).

В начальной фазе половодья (апрель) граница зоны трансформации находилась от берега в среднем на расстоянии  $25$ – $30$  миль. При схожих ветровых условиях эта граница в 1982 г. (сток Дуная выше среднего) располагалась примерно на  $5$  миль дальше от берега, чем в 1993 г. (сток ниже среднего) (рис. 5).

Это было связано с различными объемами стока Дуная в эти годы. В апреле 1982 г., перед началом события Эль-Ниньо 1982–1983 гг., несмотря на отрицательные значения аномалии осадков на водосборах рек и незначительные отрицательные отклонения температуры воздуха в феврале–марте от климатической нормы, объемы стока Дуная имели небольшие положительные величины за счет естественного сезонного таяния снеготаласа.

Зима 1992/93 г. была аномально холодной. Влияние положительной фазы САК (значение индекса в январе достигало  $3,9\sigma$  и уменьшилось в марте до  $1,5\sigma$ ), обуславливающей формирование антициклонических условий в Черноморском регионе,

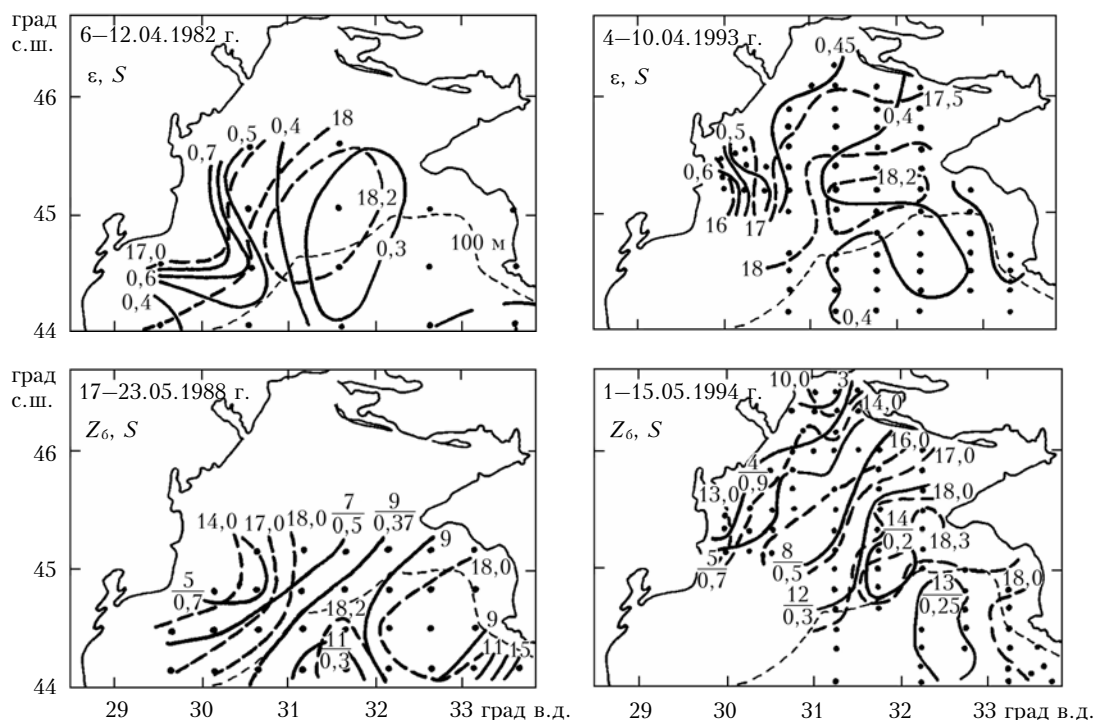


Рис. 5. Распределение показателя ослабления света  $\epsilon$ ,  $\text{м}^{-1}$ , глубины видимости белого диска  $Z_6$ , м (цифры над чертой), расчетной по эмпирической формуле  $\epsilon = 3,8 / Z_6 - 0,05$  величины показателя ослабления света,  $\text{м}^{-1}$  (цифры под чертой) и солёности  $S$ , ‰ (штриховая линия) в весенний период

поддерживалось типичными проявлениями активной фазы ЭНЮК и выражалось в следующем. Температура воздуха зимой была ниже климатической нормы. В марте и апреле ее аномалия приблизилась к норме ( $-0,3 \dots -0,4\sigma$ ). Среднемесячные аномалии осадков над площадями водосборов черноморских рек изменялись от  $-1,2\sigma$  в январе до  $0,3\sigma$  в марте и в апреле. При таких гидрометеорологических условиях сток Дуная с января по март изменялся от  $-0,6\sigma$  до  $-1,6\sigma$ , а сток Днепра от  $-0,7\sigma$  до  $-0,9\sigma$ .

В северном районе шельфа из-за низкой температуры воды (на  $1,5-2^\circ\text{C}$  ниже климатической) наблюдалось пониженное содержание хлорофилла, низкие величины первичной продукции и биомассы фитопланктона. Поэтому прозрачность в апреле 1993 г. после холодной зимы была выше, чем после нормальной зимы в 1982 и 1988 гг. Отметим также, что после нормальной зимы прозрачность в зоне трансформации речных вод заметно отличалась от прозрачности в зимнее время. Так, в конце апреля 1988 г. по сравнению со второй половиной марта содержание ВОВ возросло в 2–2,5 раза и прозрачность (глубина видимости белого диска) уменьшилась с 9 до 3 м.

С развитием половодья размеры зоны влияния речного стока увеличивались. Так, при наблюдаемом в конце апреля – начале мая 1994 г. сильном и устойчивом северо-западном ветре трансформированные речные воды распространились на большую по сравнению с маем 1988 г. часть шельфа. При этом весенний сток в 1994 г. был ниже, чем в 1988 г. По сравнению с зимним периодом в зоне трансформации наблюдались понижение прозрачности (см. рис. 5) и значительное увеличение содержания ВОВ (более чем в 10 раз), в значительной степени связанное с его новообразованием в результате фотосинтеза. Так, в мае 1982 г. в предустьевой зоне Дуная зарегистрированы высокие значения концентрации хлорофилла ( $19-26 \text{ мг/м}^3$ ). В предустьевой зоне Днепро-Бугского лимана в мае 1994 г. концентрация хлорофилла составляла  $25,5 \text{ мг/м}^3$ .

Обобщенный анализ межгодовых изменений средних значений аномалий гидрометеорологических параметров, прозрачности и концентрации хлорофилла в зимний и весенний сезоны в период 1977–1995 гг. позволил выделить несколько временных интервалов с характерной изменчивостью анализируемых параметров (см. рис. 4). Так, период 1978–1982 гг. сопровождался отрицательными значениями индексов САК (см. рис. 4, а), отсутствием события ЭНЮК, умеренно теплыми зимами и положительными значениями аномалий стока Дуная (см. рис. 4, в). Такие условия, а именно поступление большого количества биогенных веществ с речными водами и относительно высокая температура воды, способствовали более интенсивному зимнему «цветению» фитопланктона, чем весеннему.

Это подтверждают результаты спутниковых и натурных [7] наблюдений за концентрацией хлорофилла (см. рис. 4, г). Так, в весенний период 1979–1982 гг. концентрация хлорофилла была ниже, а прозрачность выше, чем в зимний период. Низ-

кая прозрачность весной 1979 г. была измерена в первой половине июня, когда трансформированные речные воды, содержащие повышенное количество взвешенного вещества, распространились на значительную часть северо-западного шельфа.

Кроме того, на пониженную прозрачность вод влияло не только количество биомассы фитопланктона, активное «цветение» которого наблюдалось зимой, но и заметное количество частиц детрита, образованного в результате биохимической трансформации его клеток. Зимне-весенний сезон 1984–1986, 1988 гг. также сопровождался преимущественно слабой фазой САК и отсутствием события ЭНЮК. Значения аномалий стока Дуная и температуры воздуха незначительно колебались в пределах нормы (за исключением холодной зимы 1985 г.). Поэтому, в отличие от соответствующих условий 1978–1982 гг. (с более теплыми зимами и высоким стоком Дуная), в этот период весной 1984 и 1988 гг. наблюдались более интенсивное продуцирование фитопланктона и более низкая прозрачность (см. рис. 4, д и рис. 5), чем в эти же годы зимой.

Положительная фаза САК, поддерживаемая событием ЭНЮК, наблюдалась в 1987, 1991–1995 гг. В 1987 г. зима была холодной, сток Дуная пониженный. Трансформированные речные воды были прижаты к западному берегу, и их прозрачность была достаточно высокая [7]. В период 1991–1995 гг., характеризующийся сильной фазой САК и долгоживущим событием ЭНЮК с несколькими фазами развития и затухания, выделялись холодные зимы 1992 и 1993 гг., когда сток Дуная был низким. Зимнее и весеннее продуцирование фитопланктона в эти годы также было низким, что объясняет относительно высокую прозрачность весной. Более теплые зима и весна 1994 г., положительное значение аномалии стока Дуная зимой и близкие к среднему значения стока весной способствовали более интенсивному продуцированию фитопланктона и понижению прозрачности вод в мае 1994 г. по сравнению с апрелем 1993 г. (см. рис. 4, д и рис. 5).

## Заключение

В результате проведенного анализа многолетних данных (1978–1995 гг.) изучены основные особенности распределения прозрачности в поверхностном слое СЗЧМ в зимне-весенний период. По степени влияния стока рек и вод открытого моря на формирование поля прозрачности выделены пять районов (западный, северный, центральный, восточный и южный), для каждого из которых рассмотрены статистические оценки сезонных изменений показателя ослабления света. Отмечено влияние сезонных изменений концентрации компонентов взвешенного органического вещества в этих районах на прозрачность их вод.

Показано, что изменчивость распределений прозрачности и взвешенного вещества в значительной степени связана с изменчивостью объемов стоков рек и региональными гидрометеорологическими условиями, которые, в свою очередь, определяются

крупномасштабными атмосферными процессами. Механизм такого влияния заключается в следующем.

В годы Эль-Ниньо в зимний период ослабляется циклоническая активность над Центральной и Южной Европой. Устойчивая антициклональная погода, характеризующаяся пониженными осадками и температурой воздуха, приводит к снижению объемов стоков рек и уменьшению площади зоны их влияния на характеристики вод в СЗЧМ. Пониженная температура воды ухудшает условия продуцирования фитопланктона, что приводит к понижению содержания ВОВ и повышению прозрачности.

В период весеннего половодья влияние речного стока на СЗЧМ возрастает. При этом в зоне смешения речных и морских вод развивается фитопланктон, интенсивность продуцирования которого зависит от концентрации биогенов (определяемой, главным образом, объемом речного стока), температуры воды и освещенности. В период весеннего половодья значительно повышается содержание взвешенного органического вещества по сравнению с зимним периодом и понижается прозрачность вод. Весной, при событиях ЭНЮК (после аномально холодной зимы), объем речного стока и температура воды, как правило, понижены относительно нормы, что вызывает замедление развития продукционных процессов в фитопланктоне. В результате содержание взвешенного органического вещества не превышало его средних значений в весенний период.

В нормальные зимы (отсутствие Эль-Ниньо) усиливается циклоническая активность над площадями водосборов рек. Наблюдается увеличение речных стоков и площади зоны их влияния на воды СЗЧМ. В зоне трансформации речных вод происходит более интенсивное продуцирование фитопланктона, приводящее к повышению содержания ВОВ и понижению прозрачности. Весной, когда речной сток и температура воды были выше нормы, также наблюдались ускоренное развитие продукционных процессов, повышение содержания взвешенного вещества и понижение прозрачности. В то же время после теплой зимы весеннее продуцирование фитопланктона было менее интенсивным, чем зимнее.

1. Kopelevich J.V., Burenkov V.I., Goldin Yu.A., Sheberstov S.V. Bio-optical studies in the Atlantic ocean combining satellite and ship measured data // Proc. III Int. Conf. «Current Problems in Optics of Natural Waters». St. Petersburg, 2005. P. 193–198.
2. Kopelevich J.V., Burenkov V.I., Sheberstov S.V., Lukianova E.A., Prokhorenko O.V. Construction of the long-term series of data in the bio-optical characteristics of the Russian seas from satellite ocean color data // Proc. III

Int. Conf. «Current Problems in Optics of Natural Waters». St. Petersburg, 2005. P. 293–298.

3. Незлин Н.П. Сезонные изменения концентрации хлорофилла в поверхностном слое Черного моря по спутниковым данным // Исслед. Земли из космоса. 1999. № 5. С. 75–82.
4. Кушник В.М., Станичный С.В. Индекс цвета в северо-западной части Черного моря по данным сканера MODIS // Исслед. Земли из космоса. 2007. № 4. С. 62–73.
5. Суслин В.В., Чурилова Т.Я., Сосик Х.М. Региональный алгоритм расчета концентрации хлорофилла «а» в Черном море по спутниковым данным Sea Wifs // Морской экол. ж. 2008. Т. 7. № 2. С. 24–42.
6. Коханенко Г.П., Иванов В.Г., Шерстянкин П.П. Взаимосвязь обратного рассеяния и ослабления света в верхних слоях воды озера Байкал // Оптика атмосф. и океана. 2007. Т. 20. № 7. С. 593–598.
7. Кукушкин А.С., Агафонов Е.А., Бурлакова З.П., Еремеева Л.В. Изменчивость прозрачности и содержания взвешенного вещества в поверхностном слое северо-западной части Черного моря // Океанология. 2004. Т. 44. № 6. С. 870–881.
8. Агафонов Е.А., Кукушкин А.С., Прохоренко Ю.А. Исследование распространения речных вод в северо-западной части Черного моря в весенний гидрологический сезон // Метеорол. и гидрол. 2000. № 8. С. 93–101.
9. Polonsky A., Voskresenskaya E., Belokopytov V. Variability of North-Western Black Sea hydrography and river discharges as part of global ocean – atmosphere fluctuations / Sensitivity to Change: Black Sea, Baltic Sea, North Sea. E. Ozsoy and A. Mikaelyan (eds.). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1997. P. 11–24.
10. Polonsky A.B., Voskresenskaya E.N. ENSO – Induced climate variability over the Europe / Studia Geograficzne. Wroclaw: Acta Universitatis Wratislaviensis. 2003. V. 75. N 2532. P. 87–97.
11. Воскресенская Е.Н. Особенности изменчивости стоков европейских рек в связи с глобальными климатическими процессами // Страны и регионы на пути к устойчивому развитию. Киев: Академперіодика, 2003. С. 59–61.
12. Ли М.Е. Логарифмический фотометр-прозрачномер для видимой и ближней ультрафиолетовой области спектра // Методика и аппаратура для гидрофизических исследований. Киев: Наук. думка, 1969. Т. 41. С. 180–188.
13. Крашенинников Б.Н., Ли М.Е. Автоклиматический спектральный прозрачномер // Тезисы докл. конференции «Проблемы Черного моря». Севастополь: МГИ НАН УССР, 1992. С. 38–39.
14. Агафонов Е.А., Блащук Г.А., Прохоренко Ю.А., Спиридонов В.В. Буксируемый измеритель для исследования гидрофизических характеристик // Методы и аппаратура для океанологических исследований. Севастополь: МГИ АН УССР, 1982. С. 61–64.
15. Воскресенская Е.Н., Кукушкин А.С., Бурлакова З.П., Еремеева Л.В. О связи крупномасштабных атмосферных процессов с изменчивостью прозрачности и содержания взвешенного вещества в поверхностном слое вод северо-западной части Черного моря в зимний период // Метеорол. и гидрол. 2004. № 12. С. 52–62.

**A.S. Kukushkin, E.N. Voskresenskaya, V.N. Maslova. The features of transparency field generation in the upper sea layer of the North-West Black Sea in winter-spring period.**

Using long-term data of specific marine observations in 1978–1995 the features of transparency field generation in the upper sea layer of the North-West Black Sea in winter-spring period were analyzed. The statistical assessments of the seasonal variations of the beam attenuation coefficient associated with fluctuations of river discharge and open sea water characteristics were calculated for the studied region. It was shown that the suspended matter amount, which mostly is responsible for the sea water transparency depends both on rivers' flow volumes and the area of their interaction with sea water over the North-West Black Sea shelf and regional hydrometeorological conditions, which in turn depend on the hydrometeorological conditions above the catchment areas of the Black Sea European rivers.