

А.С. Кукушкин

Изменчивость распределения прозрачности вод Каркинитского залива

На основе архивных данных многолетних наблюдений (1924 – 1995 гг.) глубины видимости белого диска и показателя ослабления направленного света исследована изменчивость распределения прозрачности вод Каркинитского залива. По особенностям формирования поля прозрачности в заливе выделены пять районов. Для каждого из них изучены особенности распределения прозрачности и приведены оценки ее сезонной и внутрисезонной изменчивости.

Каркинитский залив имеет для Украины важное значение как регион реальной и перспективной добычи полезных ископаемых, высоких био- и рекреационных ресурсов. Однако этот регион испытывает высокую и все возрастающую антропогенную нагрузку в связи с расположенными на берегах залива крупными промышленными и сельскохозяйственными предприятиями, а также в связи с интенсификацией работ по поиску и добыче газа и нефти в самом заливе. Поэтому изучение процессов водообмена залива с прилегающими районами северо-западного шельфа, определяющих естественную вентиляцию его вод, является актуальным.

Формирование поля прозрачности в заливе и прилегающих к нему водах северо-западного шельфа определяется в основном содержанием взвешенного вещества и его пространственным распределением, которое связано с динамикой вод. Состав и концентрация взвешенного вещества зависят: от проникновения в залив вод северо-западного шельфа и трансформированных речных вод, насыщенных веществами органического и минерального происхождения; от волнового взмучивания донных осадков; от условий продуцирования и отмирания фитопланктона; от береговых стоков (промышленно-бытовые, стоки из оросительных систем Северного Крыма, дождевые и талые воды); от абразии берегов. Изученность распределения прозрачности вод в заливе низкая. Опубликованные данные о глубине видимости белого диска и показателя ослабления направленного света [1 – 5] получены в основном в западном районе залива (вблизи его географической границы с северо-западным шельфом). Они не дают представления о структуре и изменчивости оптических полей в самом заливе.

Цель данной работы – обобщение и анализ результатов многолетних исследований изменчивости распределения прозрачности вод Каркинитского залива.

Материалы и методы

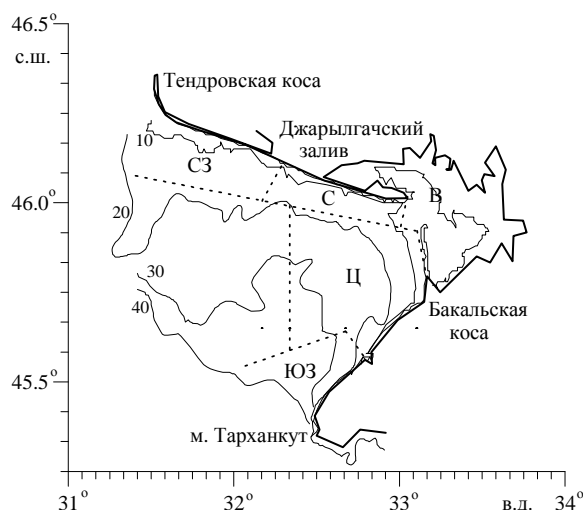
Под термином «прозрачность» в данной работе понимается глубина видимости белого диска Z_b , называемая в гидрооптике относительной прозрачностью. Кроме того, в качестве характеристики прозрачности также исполь-

зовали показатель ослабления направленного света (ПОС), связанный с Z_6 обратно пропорциональной зависимостью. Их сопоставление проводилось по соотношению $\varepsilon = 3,8/Z_6 - 0,05$, где $\varepsilon, \text{ м}^{-1}$ – показатель ослабления направленного света при десятичном основании логарифма на длине волны $\lambda = 422 \text{ нм}$ [6], на которой и проводились измерения.

Для анализа распределения прозрачности использованы данные банка МГИ НАН Украины по наблюдениям глубины видимости белого диска, полученные в 1924 – 1992 гг. (для весеннего периода проанализировано 278 измерений, для летнего – 171, для осеннего – 52), а также данные измерений ПОС на судах МГИ НАН Украины в 1979 – 1995 гг. Оценка влияния стока рек на формирование поля прозрачности проводилась по данным банка МГИ и судовых наблюдений солености вод. Для учета ветровых условий, во многом определяющих динамику поверхностных вод в исследуемых мелководных районах, использовались судовые наблюдения параметров ветра и данные прибрежных морских гидрометеорологических станций региона. Влияние взвешенного вещества на прозрачность оценивалось по отдельным измерениям содержания суммарного взвешенного вещества и его органических компонентов ($C_{\text{ВОВ}}, N_{\text{ВОВ}}$ – органические углерод и азот, хлорофилл «а»).

Результаты наблюдений

Предварительный анализ данных выявил особенности изменения структуры поля прозрачности в различных частях залива. Поэтому для дальнейшего анализа результатов наблюдений в весенний, летний и осенний гидрологические сезоны были выделены пять районов (северо-западный, северный, центральный, восточный и юго-западный), различающихся по условиям формирования в них поля прозрачности. Примерные границы этих районов показаны на рис. 1.



Р и с. 1. Районы Каркинитского залива: северо-западный (СЗ), северный (С), центральный (Ц), восточный (В) и юго-западный (ЮЗ)

Весенний сезон. Наиболее полные данные, полученные в апреле – июне 1976 г., позволили проследить внутрисезонную изменчивость распределения Z_6 . В апреле прозрачность вод в заливе и на прилегающем к нему участке шельфа изменялась в пределах 7 – 14 м (рис. 2, а). Воды повышенной прозрачности (11 – 14 м) находились на северном участке границы залива, в первой половине апреля 1993 г. там наблюдалась такая же повышенная прозрачность [1]. При удалении от этой области прозрачность понижалась в восточном (в середине залива) и западном направлениях – до 7 м, в южном – до 10 м. Характер хода изолиний прозрачности на западе позволяет говорить о распространении более мутных вод с северо-запада, которые, видимо, являлись трансформированными днепровскими водами. В период измерений они не распространялись на юго-восток дальше Тендровской косы и поэтому не оказывали заметного влияния на оптическое состояние вод залива. В его южной части влияние вод северо-западного шельфа также незначительно. В глубине залива (вблизи южного берега) пониженная прозрачность (~ 7 м) определялась повышенным содержанием суммарного взвешенного вещества (0,8 мг/л) по сравнению с центральным районом шельфа, где оно составляло 0,5 – 0,6 мг/л, а прозрачность была выше (9 – 12 м). Повышенное содержание взвеси в заливе, возможно, связано с волновым взмучиванием донных осадков.

Подобное распределение прозрачности в западной части залива наблюдалось и в начале апреля 1995 г., когда соленость там была выше 18‰ [1]. Прозрачность на входе в залив равнялась 9 м, а на 20 миль восточнее – менее 7 м. Также отметим хорошее совпадение данных измерений в апреле 1976 г. с данными, полученными в южной части входа в залив в апреле 1982 и 1983 гг.

Во второй половине мая 1976 г. распределение прозрачности вод в заливе существенно изменилось по сравнению с апрелем. На рис. 2, б хорошо видно, что мутные воды, распространяющиеся вдоль Тендровской косы, заняли северо-западную часть залива, Z_6 составляла 4 – 7 м. Более прозрачные воды, как и в апреле, были зарегистрированы в южной (8 – 9 м) и восточной (7 – 8 м) частях залива. На южном участке входа в залив прозрачность повысилась (13 – 15 м) по сравнению с апрелем (10 м). Отметим также, что она повышалась в юго-западном направлении от границы залива.

Пониженная прозрачность на большей части акватории залива связана с поступлением в него мутных трансформированных днепровских вод, обогащенных биогенами и взвешенным органическим веществом. При их достаточном прогреве в мае, как правило, наблюдается интенсивное продуцирование фитопланктона, что понижает прозрачность. Так, в середине мая 1994 г., как и в мае 1976 г., трансформированные днепровские воды распространялись до северных районов залива, где соленость составляла менее 17‰, а прозрачность 8 – 9 м [1]. В то же время в районе южного участка входа в залив соленость равнялась 18,1 – 18,3‰, а прозрачность 12 – 13 м. Содержание $S_{\text{ВОВ}}$ и $N_{\text{ВОВ}}$ в северном районе было в 1,5 – 2 раза выше, чем в южном.

Сезонные изменения средних значений (M , м), средних квадратических отклонений (σ , м), коэффициентов вариации (v , %) и диапазонов изменения (ΔZ , м) глубины видимости белого диска в различных районах Каркинитского залива

Сезон	Величина	Район				
		северо-западный	северный	центральный	восточный	юго-западный
Весна	$M \pm \sigma$	$7,3 \pm 3,0$	$8,5 \pm 2,0$	$13,0 \pm 5,0$	$5,9 \pm 1,9$	$15,2 \pm 4,5$
	ΔZ	3,0 – 14,0	5,8 – 12,0	5,0 – 20,0	1,0 – 8,0	7,0 – 25,0
	v	41	32	38	32	30
	N (число станций)	15	23	17	12	111
Лето	$M \pm \sigma$	$6,5 \pm 2,6$	$8,7 \pm 3,0$	$13,0 \pm 4,4$	$5,3 \pm 1,9$	$16,0 \pm 4,9$
	ΔZ	2,5 – 12,5	4,0 – 12,5	6,0 – 21,0	2,0 – 8,0	6,0 – 25,0
	v	40	34	34	36	31
	N	52	24	16	53	62
Осень	$M \pm \sigma$	$9,5 \pm 2,5$	$7,1 \pm 1,6$	$5,4 \pm 3,6$	–	$14,4 \pm 3,4$
	ΔZ	4,0 – 15,0	4,5 – 9	2,8 – 13,0	–	9,0 – 19,0
	v	26	22	66	–	24
	N	16	6	8	–	9

Измерения, проведенные через месяц, 27 – 28 июня 1976 г., показали, что распределение Z_6 за это время также претерпело значительные изменения. Прозрачность в заливе заметно повысилась до 8 – 20 м (рис. 2, в). Воды повышенной прозрачности (15 – 20 м) находились в его западной части. Максимальная прозрачность (17 – 20 м) отмечена вблизи северного участка границы залива, а также в прибрежной зоне юго-западного участка побережья (в конце июня 1937 г. здесь тоже наблюдались высокие значения Z_6). В восточном направлении от границы залива прозрачность уменьшалась, в центре она была равна ~ 8 м. Еще большее ее понижение наблюдалось к северо-западу от входа в залив (менее 5 м) и в направлении шельфа. Такое распределение прозрачности, а также соленость вод в западной части залива (до его середины), не превышающая 17,2‰, говорят о влиянии стока Днепра и Дуная в этот период на его воды. Высокопрозрачные воды, видимо, попали в залив в первой половине июня из южных районов шельфа в результате циркуляции, вызванной ветрами южных направлений. Подобная ситуация зарегистрирована во время съемки 1 – 6 июня 1934 г., когда воды повышенной прозрачности (12 – 17 м) занимали западную часть залива и имели высокую соленость (18,1 – 18,5‰). Воды пониженной прозрачности (~ 4,5 м) оказались прижатыми на севере к о. Джарылгач, они также занимали восточную часть залива (1 – 6 м). Вблизи северного побережья в глубине залива (восточнее 33° в.д.) прозрачность изменялась в пределах

3,5 – 6,8 м. Минимальное значение, равное 1 м, зафиксировано в глубине залива.

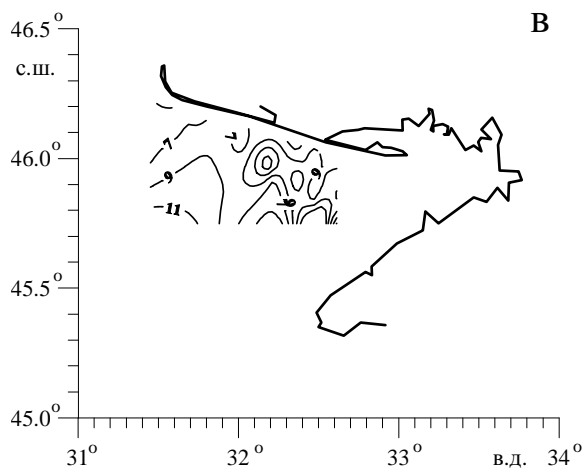
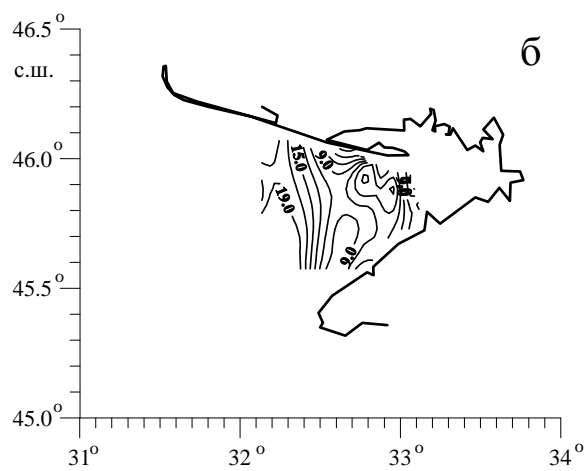
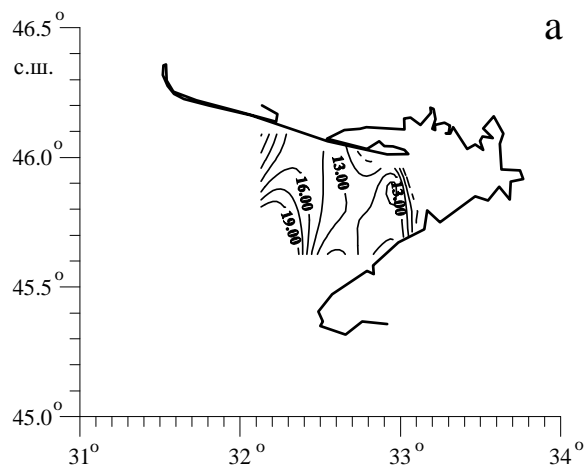
Статистические характеристики изменения Z_6 в различных районах залива в весенний период представлены в таблице. Коэффициент вариации, определяемый отношением среднего квадратического отклонения к среднему значению, использован в работе в качестве оценки изменчивости прозрачности.

Летний сезон. Количество наблюдений летом было ограниченным, но все же имеющиеся данные позволили получить представление о распределении Z_6 .

В первой половине июля 1939 г. влияние распресненных вод ограничивалось северным участком входа в залив, где соленость составляла 17‰. Практически на всей акватории залива она была выше 18‰, а в его глубине 19‰. В западной части распределение прозрачности было однородным и изменялось незначительно (12,5 – 13,5 м, рис. 3, а). В западном и юго-западном направлениях прозрачность повышалась (более 19 м). В центре залива отмечена небольшая область относительно прозрачных вод (13,7 – 15,2 м), к востоку от нее прозрачность понижалась до 4,1 м. В северной части залива воды имели пониженную прозрачность (4 – 7,9 м). Наиболее мутные находились в юго-восточной части, где $Z_6 = 2,5 – 4,6$ м. Минимальное значение, равное 2,5 м, было зарегистрировано вблизи Бакальской косы. Прижатость мутных вод к южному берегу в глубине залива была связана, видимо, с нагоном, вызванным наблюдавшимся в это время северным ветром.

Во второй половине июля 1939 г. по сравнению с первой половиной характер распределения прозрачности (рис. 3, б) незначительно изменился. Так, область относительно прозрачных вод (13 – 14 м), расположенная в центре залива, сместилась северо-западнее. При этом она по-прежнему со всех сторон была окружена водами с пониженной прозрачностью: на севере 3 – 7 м, на востоке и северо-востоке – менее 5 м, на юге 9 – 11 м. Минимальная прозрачность (1 – 2,3 м) зарегистрирована в Джарылгачском заливе. В его кутовой восточной части Z_6 изменялась в пределах 2 – 6 м (в среднем 3 – 4 м).

Более заметные изменения в распределении прозрачности в западном районе залива и на прилегающем к нему участке шельфа наблюдались в начале августа 1939 г. (рис. 3, в). Это было связано с возникновением циркуляции, обусловленной наблюдаемым с конца июля западным ветром. Она переносила с северо-западного направления в залив более мутные трансформированные речные воды. Относительно прозрачные воды (12 – 14 м) наблюдались только в средней части входа в залив. К востоку и западу от входа прозрачность понижалась. На северо-западе от входа (южнее восточной оконечности Тендровской косы) относительно прозрачные воды, наблюдавшиеся в середине июля, отодвинулись к югу, образовав линзу прозрачных вод (прозрачность в ее центре равнялась 13 м).



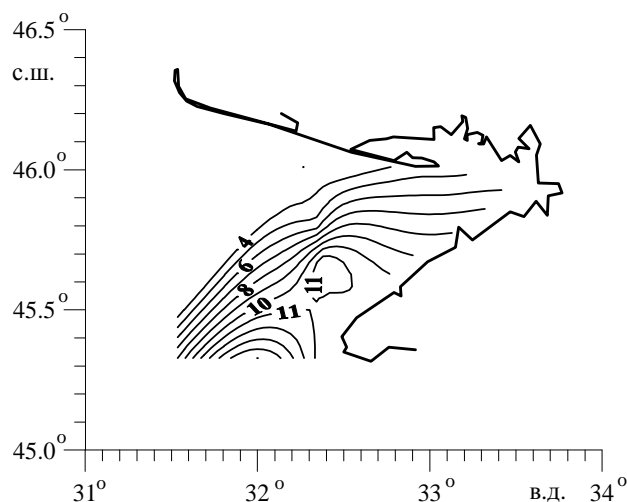
Р и с. 3. Распределение прозрачности (Z_6 , м) летом 1939г.: 7 – 14 июля – а, 15 – 29 июля – б, 1 – 4 августа – в

Измерения, проведенные в западной части залива 15 – 17 июля 1992 г. с помощью прозрачномера, показали, что в его северо-западной области наблюдались распресненные воды с соленостью 17 – 17,5‰ [2]. В середине западной части залива Z_6 равнялась ~ 9 м, что близко к данным, полученным в июле 1939 г. По направлению к шельфу она понижалась и в районе, прилегающем к заливу, составляла 7 – 8 м. Такое распределение прозрачности хорошо согласуется с распределением содержания взвешенного органического вещества в этих районах. Так, содержание $C_{\text{ВОВ}}$ в заливе было менее 15 мкг/л, а в водах шельфа 18 – 20 мкг/л. Концентрация хлорофилла «а» в этих районах была примерно одинаковой и равнялась 0,2 мг/м³, что заметно ниже, чем в западных и южных районах шельфа. Его относительное содержание в органическом углероде очень низкое. В заливе оно составляло ~ 0,1%, на шельфе 0,07%, что говорит о низком содержании живого фитопланктона по сравнению с его детритной частью. Это вполне объяснимо, так как наиболее благоприятный период для его развития приходится на май.

Характеристики изменений значений прозрачности в отдельных районах залива в летний период представлены в таблице.

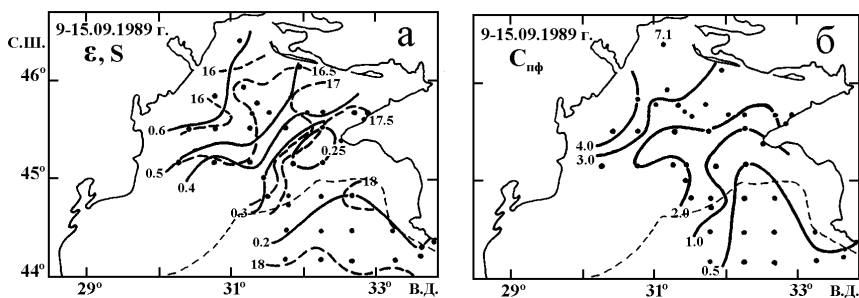
Осенний сезон. Единичные данные измерений Z_6 осенью в отдельных точках залива не позволили получить представление о распределении прозрачности его вод. Поэтому для анализа были использованы результаты измерений прозрачности и содержания хлорофилла «а» в центральных и северных районах шельфа, незначительно захватывающих западные участки залива. В связи с постоянно существующим водообменом между этими районами шельфа и заливом анализ таких данных представляет несомненный интерес.

В сентябре проведено наибольшее количество измерений прозрачности, в том числе единственная съемка по наблюдениям Z_6 , охватившая большую часть залива. В середине сентября 1977 г. прозрачность в заливе и на прилегающем к нему участке шельфа изменялась в пределах 7 – 15 м (рис. 4). Воды пониженной прозрачности (4 – 6 м) находились в северных и северо-восточных районах залива. Наиболее прозрачные были зарегистрированы севернее (11 м) и западнее (11 – 15 м) м. Тарханкут. Отсутствие данных о распределении солености в этот период не позволяло уверенно говорить о поступлении трансформированных речных вод в залив. Однако низкое значение Z_6 (4 м), измеренное 3 октября 1977 г. в районе Тендровской косы, видимо, говорит о том, что распресненные воды поступали в это время в залив с северо-запада и вытесняли из него вдоль южного побережья более прозрачные «летние» воды. Это также может подтверждаться наиболее вероятным существованием в заливе течения с антициклонической циркуляцией [7].



Р и с. 4. Распределение прозрачности (Z_0 , м) 21 – 23 сентября 1977 г.

Влияние циркуляции шельфовых вод на распределение прозрачности в заливе проявилось и в сентябре 1989 г. В период измерений шельфовая зона была охвачена интенсивной антициклонической циркуляцией, обусловленной устойчивыми северо-западными ветрами со скоростями 3 – 7 м/с, усиливающимися до 12 – 14 м/с в связи с прохождением кратковременных циклонов. В результате мутные распресненные воды распространялись из центральной области шельфа и района Тендровской косы, где ПОС составлял более $0,5 \text{ м}^{-1}$, а соленость 16‰, в восточном и юго-восточном направлениях. Они вытесняли относительно прозрачные воды из залива вдоль его южного побережья. ПОС в северной части входа в залив составлял $0,45 - 0,5 \text{ м}^{-1}$ (рис. 5, а), а относительная прозрачность 6 – 8 м. У южного входа воды были более прозрачными, ПОС равнялся $0,25 - 0,3 \text{ м}^{-1}$, $Z_0 = 10 - 11$ м. Западнее м. Тарханкут выделялось пятно прозрачных вод (ПОС – менее $0,2 \text{ м}^{-1}$, $Z_0 = 10 - 12$ м).

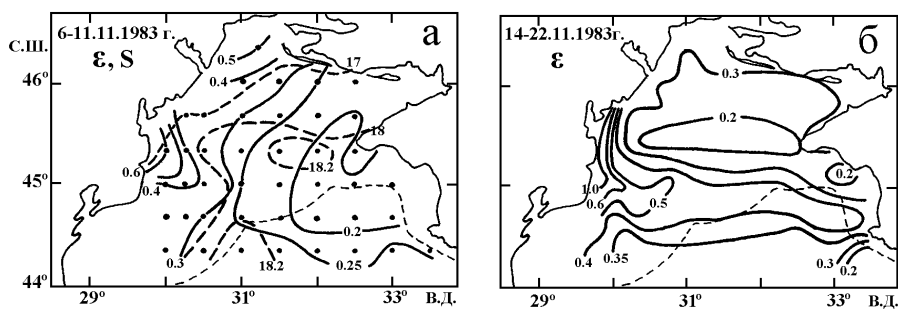


Р и с. 5. Распределение ПОС (ϵ , м^{-1} , сплошная линия), солености (S , ‰, штриховая) – а и концентрации хлорофилла «а» ($C_{\text{пф}}$, $\text{мг}/\text{м}^3$) – б в поверхностном слое в сентябре 1989 г.

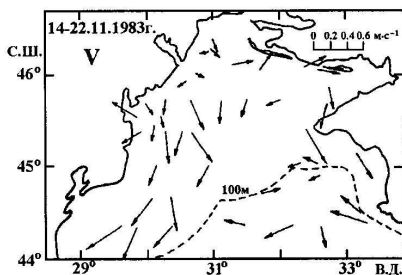
Высокая температура воды ($20 - 22^\circ\text{C}$) и приток биогенов с распресненными водами создали благоприятные условия для вегетации фитопланктона.

Это видно по достаточно высокой концентрации хлорофилла «а», $1 - 3 \text{ мг/м}^3$ (рис. 5, б). При этом повышенные концентрации наблюдались в районе Тендровской косы, в юго-западной части залива и на северо-западном шельфе. Юго-западнее м. Тарханкут содержание хлорофилла «а» уменьшалось до $5 - 1,0 \text{ мг/м}^3$. Полученное распределение хлорофилла «а» хорошо согласуется с распределением прозрачности, что подтверждает ее зависимость от содержания в водах клеток фитопланктона.

В ноябре 1983 г. отмечено распреснение, охватившее западную половину залива. В то же время на юге воды с соленостью более 18‰ доходили до широты м. Тарханкут. Отметим также, что в весенне-летний период 1983 г. на большей части северо-западного шельфа наблюдалась пониженная соленость, хотя речной сток был ниже среднегодового. Температура в начале ноября изменялась от $12,5^\circ\text{C}$ (вблизи северных берегов залива) до 14°C (в районе м. Тарханкут). Содержание хлорофилла «а», как и в сентябре 1989 г., было повышенным. На входе в залив его концентрация составляла более 2 мг/м^3 , в районе Тендровской косы $2 - 3 \text{ мг/м}^3$, в районе м. Тарханкут $1,0 - 1,5 \text{ мг/м}^3$. В то же время прозрачность вод была достаточно высокой (рис. 6, а). Так, на входе в залив ПОС равнялся $0,2 - 0,25 \text{ м}^{-1}$ (Z_0 при пересчете $12 - 15 \text{ м}$). Вблизи м. Тарханкут, где отмечена линза высокосоленых вод, ПОС был менее $0,2 \text{ м}^{-1}$ ($Z_0 = 15 \text{ м}$), и только в северо-западном направлении от входа в залив наблюдалось его повышение до $0,4 \text{ м}^{-1}$ (понижение прозрачности до 8 м).



Р и с. 6. Распределение ПОС ($\epsilon, \text{ м}^{-1}$, сплошная линия) – а, б и солености ($S, \text{‰}$, штриховая) – а в поверхностном слое в ноябре 1983 г.



Р и с. 7. Схема поверхностных течений в ноябре 1983 г.

Измерения в первой декаде ноября 1983 г. проводились при постоянном северо-восточном ветре. Поэтому циркуляция водных масс в северном районе шельфа, прилегающем к заливу, видимо, была циклонической. Изменение направления ветра на северо-западное и западное и увеличение его скорости до $8 - 12 \text{ м/с}$, произошедшее после 10 ноября, привело к изменению в структуре как температуры и динамики поверхностных вод, так и поля прозрачности. В северо-

восточной части шельфа поверхностное течение (по данным электромагнитного измерителя течений) было направлено на восток (рис. 7). Поэтому с северо-запада вдоль Тендровской косы в залив попали более мутные воды с ПОС, равным $\sim 0,3 \text{ м}^{-1}$ ($Z_6 = \sim 10 \text{ м}$) (рис. 6, б), которые распространились до южного берега залива. Этому также мог способствовать антициклонический вихрь, часто наблюдаемый при ветрах различных направлений, особенно при северо-западном. И только западнее м. Тарханкут сохранились прозрачные воды (ПОС составлял $\sim 0,2 \text{ м}^{-1}$, $Z_6 = \sim 15 \text{ м}$). Западнее входа в залив (на шельфе) они были менее прозрачными.

Единичные измерения Z_6 в разные годы показали следующее. Южнее Тендровской косы в ноябре 1966, 1969 и 1984 гг. прозрачность изменялась в пределах $8 - 12 \text{ м}$ (ПОС при пересчете $0,27 - 0,43 \text{ м}^{-1}$), что близко к данным, полученным в 1983 г. Западнее входа в залив в ноябре 1980, 1983 и 1987 гг. она составляла $10 - 14 \text{ м}$ (ПОС при пересчете $0,22 - 0,33 \text{ м}^{-1}$), что также хорошо согласуется с результатами 1983 г.

В весенне-летний период 1986 г., предшествующий нашим исследованиям в декабре, трансформированные речные воды меньше обычного распространялись в центральные и восточные районы шельфа. Кроме того, в осенний период преобладали северо-восточные ветры, прижимающие эти воды к западному побережью. Поэтому в декабре 1986 г. при типичном для этого времени северо-восточном ветре и малом стоке рек распределение прозрачности и солености было похожим на распределение этих параметров в начале ноября 1983 г. (рис. 6, а), когда и ветровые условия были близкими. На большей части шельфа находились достаточно прозрачные воды с соленостью $17,2 - 17,8\%$. Так, на северном участке входа в залив ПОС составлял $\sim 0,35 \text{ м}^{-1}$, в центральной части $0,25 - 0,35 \text{ м}^{-1}$, на южном участке $\sim 0,2 \text{ м}^{-1}$. Наиболее прозрачные воды ($0,17 \text{ м}^{-1}$) находились в районе м. Тарханкут. К северо-западу от входа в залив прозрачность и соленость вод понижались, составляя у западной оконечности Тендровской косы $0,4 - 0,5 \text{ м}^{-1}$ и $16 - 17\%$ соответственно. Однако под влиянием северо-восточного ветра эти воды слабо распространялись в район залива.

Заключение

По результатам проведенного анализа распределения прозрачности вод в Каркинитском заливе можно сделать следующие выводы.

Изменчивость поля прозрачности в заливе (сезонная, внутрисезонная, межгодовая) была достаточно высокой. Это объясняется влиянием на его формирование большого числа факторов (естественных и техногенных), эффективность которых усиливают небольшие размеры залива и его мелководность.

По особенностям формирования поля прозрачности в заливе выделены пять районов, для которых характерно следующее.

В северо-западном районе, наиболее подверженном влиянию распресненных вод из Днепро-Бугского лимана, прозрачность была низкой, а ее изменчивость высокой. Средние значения прозрачности и ее

изменчивость (коэффициент вариации) в весенне-летний период были близкими и равнялись соответственно 7,3 – 6,5 м и 41 – 40%. Изменчивость в заливе в этот период была максимальной. В осенний период прозрачность повысилась до 9,5 м, а ее изменчивость уменьшилась до 26%.

В северном районе, также в значительной степени подверженном влиянию распресненных вод, поступающих в основном с северо-запада, прозрачность была достаточно низкой. Ее средние значения, равные в весенне-летний период 8,5 – 8,7 м, практически не изменялись и были несколько выше, чем в северо-западном районе. Изменчивость прозрачности в этот период, равная 32 – 34%, уменьшилась по сравнению с северо-западным районом. В осенний период прозрачность вод (7,1 м) и ее изменчивость (22%) понизились.

В центральном районе, в меньшей степени подверженном влиянию распресненных вод и имеющем водообмен с северо-западным шельфом, прозрачность в весенне-летний период, равная 13 м, была выше, чем в северо-западном и в северном районах. Изменчивость прозрачности в весенний период, равная 38%, была выше, чем в северном районе, а летом – одинаковой (34%). Осенью средняя прозрачность заметно понизилась до 5,4 м, а ее изменчивость повысилась до 66%. Такие значительные изменения характеристик прозрачности осенью, видимо, связаны с ограниченным количеством данных наблюдений.

В восточном районе, удаленном от влияния распресненных вод и имеющем очень ограниченный водообмен с северо-западным шельфом, в весенне-летний период наблюдалась наиболее низкая прозрачность (весной – 5,9 м; летом – 5,3 м). В то же время ее изменчивость (32 – 36%) была достаточно высокой и близкой к изменчивости прозрачности в северном районе.

В юго-западном районе, испытывающем слабое влияние распресненных вод и имеющем постоянный водообмен с восточным и юго-восточным районами северо-западного шельфа, отмечена максимальная сезонная прозрачность вод, незначительно меняющаяся во все рассматриваемые сезоны (весной – 15,2 м, летом – 16,0 м, осенью – 14,4 м). При этом ее изменчивость в весенне-летний период была наименьшей (30 – 31%). Осенью изменчивость прозрачности уменьшилась до 24%, как и в большинстве других районов залива.

В целом прозрачность в заливе понижалась в восточном и северном направлениях. Это обусловлено существованием на северо-западном шельфе преобладающей циклонической системы течений, которая способствует проникновению на шельф и в южные районы залива относительно прозрачных вод открытого моря. При движении на север эти воды постепенно мутнеют, смешиваясь с трансформированными речными водами. Исключение составлял центральный район, в средней части которого периодически наблюдались более прозрачные воды, чем на входе в залив, что, видимо, связано с существованием вихревых образований (как правило, антициклонического вихря), сохраняющих некоторое время захваченные прозрачные воды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. 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. – 44, №6. – С.870 – 881.
2. Кукушкин А.С., Бурлакова З.П., Еремеева Л.В. Изменчивость распределения прозрачности и содержания взвешенного вещества в поверхностном слое вод северо-западной части Черного моря в летний период // Там же. – 2006. – 46, №6. – С.834 – 845.
3. *Гидрометеорология* и гидрохимия морей СССР. Т.4. Черное море. Вып.1. Гидрометеорологические условия. – Л.: Гидрометеоиздат, 1991. – 430 с.
4. Маньковский В.И. Оптические характеристики прибрежных вод Черноморского побережья Украины // *Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа*. – Севастополь: МГИ НАН Украины, 1999. – С. 149 – 152.
5. Маньковский В.И., Соловьев М.В. Гидрооптические характеристики Черного моря в период 1922 – 1985 гг. (климатические карты) // Там же. – 2003. – Вып.8. – С. 23 – 47.
6. Маньковский В.И., Земляная Л.А. Связь глубины видимости белого диска с показателем ослабления света для вод Черного моря // *Комплексные океанографические исследования Черного моря*. – Севастополь: МГИ АН УССР, 1989. – С. 82 – 85.
7. Большаков В.С. Трансформация речных вод в Черном море. – Киев: Наук. думка, 1970. – 328 с.

Морской гидрофизический институт НАН Украины,
Севастополь

Материал поступил
в редакцию 06.08.07
После доработки 14.12.07

ABSTRACT Based on archival data of multi-year (1924 – 1995) observations of Secchi disk and the index of collimated light attenuation, studied is the variability of water transparency distribution in the Karkinit Bay. According to the peculiarities of transparency field formation, five regions in the bay are distinguished. For each of them the features of water transparency distribution are studied, and its seasonal and intra-seasonal variability is estimated.