

# МНОГОЛЕТНИЕ НАБЛЮДЕНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННО- ВРЕМЕННОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ ПРОЗРАЧНОСТИ В ПОВЕРХ- НОСТНЫХ ВОДАХ СЕВЕРО- ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ЧЕРНОГО МОРЯ И ПРИЛЕГА- ЮЩИХ К БЕРЕГАМ КРЫМА.

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

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

Изучение гидрологии и навигационных особенностей Черного моря восходит к давним временам. Первый атлас Черного и Азовского морей с навигационной картой пути от Керчи до Константинополя был издан в 1703 г. В 1842 г. был издан содержательный атлас побережья, который во многом являлся плодом франко-русской экспедиции под руководством Манганари. В этом же году русским химиком Гебелем было установлено, что соленость Черного моря значительно ниже солености океана. В 1851 г. создается лодция Черного моря, материалы для которой были собраны в экспедициях, предпринятых по инициативе знаменитого мореплавателя М.П.Лазарева. В 1881 г. легендарный адмирал С.О.Макаров открыл разнонаправленные верхнее и нижнее течения в проливе Босфор, а в 1890–1891 гг. в экспедициях И.Б.Шпиндера и Н.А.Андрусова впервые был обнаружен на глубине ниже 180–200 м сероводород и полное отсутствие кислорода.

Следует отметить, что если все эти замечательные работы и открытия были сделаны в прошлом веке, то изучение гидрооп-

тических характеристик, имеющих тесную связь с гидрологией, динамикой и гидрохимией, с помощью объективных методов началось только в 50-е годы 20-го столетия. Можно утверждать, что до 60-х годов измерения носили отдельный разрозненный характер и охватывали отдельные ограниченные акватории. Начиная с 70-х годов стали проводится комплексные экспедиции как в глубоководной части моря, так и в акваториях, прилежащих к побережьям Черного моря по всему его периметру.

В данной работе подводятся итоги своеобразного мониторинга оптических характеристик вод в северо-западной части моря (СЗЧМ) и прибрежных вод Крыма за многолетний период (1977–1987 гг.). Измерения прозрачности и температуры проводились с помощью идентичных буксируемых гидрофизических комплексов ( $\lambda_{\text{max}} = 420 \text{ нм}$ ), созданных в отделе оптики МГИ НАНУ.

Материал представляет уникальный интерес, поскольку в настоящее время осуществить цикл экспедиций, результаты которых приводятся в работе, практически невозможно.

Сведения о проведенных исследованиях приведены в таблице. Измеряемые параметры: ПОС – показатель ослабления света, Т – температура, V – скорость течения,  $C_{\text{хл."а"}}$ ,  $C_{\text{орг}}$  – концентрации хлорофилла "а" и органического углерода соответственно. Для учета ветровых условий, во многом определяющих динамику поверхностных вод в мелководных районах СЗЧМ и вблизи Крымского побережья, использовались судовые наблюдения ветра и данные банка МГИ НАНУ,

Таблица

**Сведения о проведенных исследованиях****Осенний сезон**

Дата	№ рейса и судно	Район работ	Параметры
21.10 – 31.10.1977г.	41 р. "Муксун"	м. Херсонес – Керченский пролив – м. Херсонес	ПОС, Т
24.11 – 05.12.1978г.	52 р. "Муксун"	г. Ялта – Керченский пролив – г. Ялта	ПОС, Т
14.11 – 23.11.1983г.	97 р. "Муксун"	СЗЧМ	ПОС, Т, В
13.09 – 17.09.1987г.	РПС "Сулса"	Полигоны в районах: м. Херсонес, Ялтинского и Феодосийского заливов	ПОС, Т, концентрация суммарной взвеси

**Зимний сезон**

10.03 – 23.03.1978г.	45 р. "Муксун"	Кацивели – Керченский пролив – Севастополь – Вилково – Севастополь	ПОСТ, Т
28.02 – 21.03.1984г.	99 р. "Муксун"	СЗЧМ, ЮБК	ПОС, Т, В, $C_{\text{хл}}$

**Весенний сезон**

24.04 – 25.04.1981г.	76 р. "Муксун"	Разрез по 30°30' в.д. в СЗЧМ полигон в районе бухты Ласпи	ПОС, Т
10.05 – 11.05.1981г.			
7.06 – 11.06.1979г.	1 р. "Ай – Тодор"	СЗЧМ	ПОС, Т, $C_{\text{орг}}$ , индекс цвета, цвет воды
8.04 – 12.04.1982г.	3 р. "Ай – Тодор"	СЗЧМ	ПОС, Т

полученные на МГС Одесса, Евпатория, Ялта и Феодосия.

Проведенные работы впервые позволили определить основные особенности распределения прозрачности вод в поверхностном слое СЗЧМ и вблизи Крымского побережья в весенний, осенний и зимний гидрологические сезоны, которые кратко заключаются в следующем.

В осенне-зимний периоды наиболее прозрачные воды регистрировались вдоль юго-западного, южного и юго-восточного берегов Крыма (рис.1). Понижение прозрачности вод, прилегающих к Керченскому проливу, связано с влиянием более мутных, по сравнению с черноморскими, азовскими вод и промышленно-бытовыми стоками крупного промышленного и портового города Керчь. Распределение показателя ослабления света (ПОС) на разрезах вдоль Крымского побережья характеризовалось незначительной сезонной изменчивостью абсолютных величин и малыми горизонтальными градиентами ПОС, не превышавшими  $0,03 \text{ м}^{-1}/\text{км}$ . Отдельные участки повышения ПОС, протяженностью 1–9 км, находились, как правило, в районах портовых и курортных городов (Севастополь, Ялта, Феодосия, Алушта и др.). Повышение мутности вод в этих районах связано с промышленными и хозяйственно-бытовыми стоками, что подтверждалось данными сопутствующих измерений суммарной взвеси в этих водах. Небольшая изменчивость в распределении ПОС, наблюдаемая на обратных трассах через 7–10 суток, объясняется как различным удалением трасс буксировки от береговой черты и изменчи-

востью ветровых условий, так и возможными изменениями объемов сброса промышленно-бытовых стоков.

Отметим, что понижение прозрачности поверхностных вод вблизи Крыма, зарегистрированное в сентябре 1987 г. по сравнению с данными начала 80-х годов, совпало с отмеченным рядом исследователей (Маньковский В.И., Соловьев М.В. и др.) общим понижением прозрачности вод Черного моря после 1986 г.

Структуры прозрачности вод в СЗЧМ и в районе Крыма существенно различаются. В основном это связано с значительным стоком мутных речных вод в СЗЧМ, которые, смешиваясь с более прозрачными морскими водами в так называемой зоне трансформации, формируют горизонтальную структуру поля прозрачности.

По результатам наблюдений отмечена сезонная изменчивость горизонтальной структуры ПОС, связанная как с различным сезонным объемом стока речных вод, так и с динамикой поверхностных течений (по данным ЭМИТ). Последние в основном определяются наблюдаемыми ветровыми условиями. Осенью и в марте месяце (конец зимы – начало – весны) граница зоны трансформации по оптическим характеристикам в зависимости от направленности поверхностных течений в западном районе СЗЧМ в большей или меньшей степени прижата к западному берегу. Весной, в половодье граница зоны трансформации сдвигается на восток и увеличивается площадь, занятая трансформированными речными водами. При этом установлено совпадение границ зоны транс-

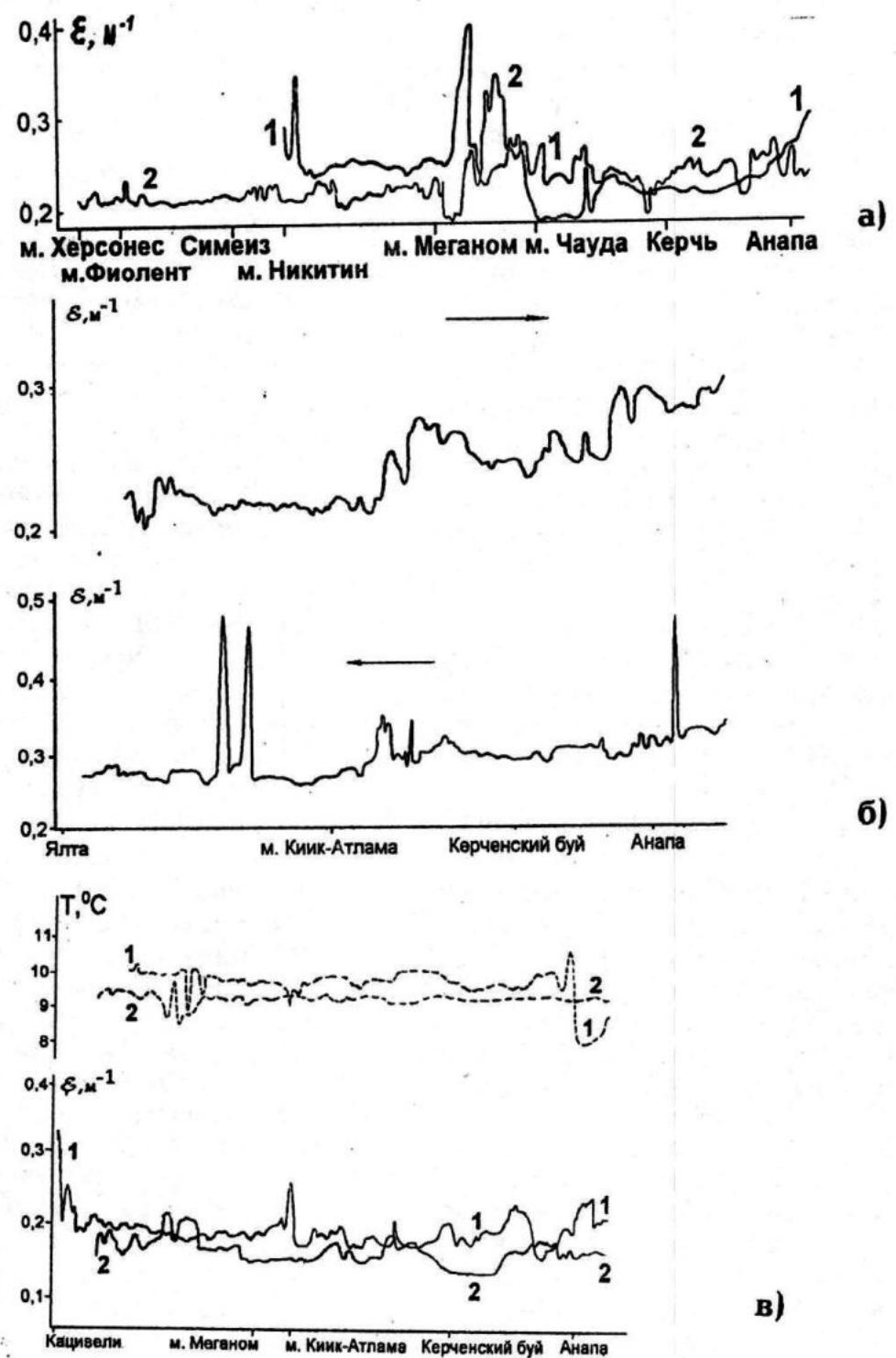


Рис.1. Распределение ПОС (сплошная линия) и температуры (пунктир) вдоль юго-восточного побережья Крыма в осенний:  
 (а) – 22–23.10.1977 г. (1) и 28–31.10.1977 г. (2)  
 (б) – 24–25.11.1978 г. (1) и 4–5.12.1978 г. (2)  
 и зимний : (в) – 10–11.03.1978 г. (1) и 16.03.1978 г. (2) гидрологический сезоны, 1 – движение на восток, 2 – на запад

формации по оптическим характеристикам (ПОС, индекс цвета, цвет воды) и по распределению солености, что служит хорошим основанием для использования оптических методов наблюдений за распространением трансформированных речных вод в море.

По оптическим характеристикам выделены пространственные зоны, связанные с процессами трансформации речных вод в морские: гидрофронтальная и заключительная. Основная зона трансформации, расположенная вблизи устьев рек, измерениями практически охвачена не была. Наиболее мутные воды зафиксированы в гидрофронтальной зоне, менее мутные — в заключительной. На базе многолетних наблюдений показано, что трансформированные речные воды в области границы заключительной зоны трансформации отличаются от морских вод как по солености, так и по оптическим характеристикам и концентрации органических компонент взвеси.

Непрерывные измерения ПОС и температуры с высоким пространственным разрешением позволили наблюдать в течение нескольких экспедиций характерные особенности взаимодействия трансформированных речных и распресненных морских вод в гидрофронтальной и заключительной зонах трансформации, некоторые из которых показаны на рис. 2. Так на разрезе по  $45^{\circ}40'$  с.ш. (рис. 2а) наблюдались три характерных участка изменчивости ПОС и температуры. Западный участок с изменениями ПОС от 1,2 до  $0,6 \text{ m}^{-1}$  и температуры от 1,6 до  $3,2^{\circ}\text{C}$  определялся, в основном, днепровскими водами, восточный — протяженностью около 20 км

с изменениями ПОС от 0,7 до  $0,4 \text{ m}^{-1}$  и температуры от 3,2 до  $5^{\circ}\text{C}$  определялся водами с северо-восточного направления. Между ними находилась переходная область протяженностью более 20 км, в которой ПОС и температура изменялись незначительно.

Установлено, что в основном трансформированные речные воды распространяются из СЗЧМ на юг вдольбереговым течением, в структуре которого зарегистрированы антициклонические вихри в приусտевом районе Дуная и в районе, прилегающем к берегам Румынии. Возникновение антициклонических вихрей в приусстевом районе Дуная, отмеченное различными исследователями (Иванов В.А., Шapiro Н.Б. и др.) по модельным расчетам, подтверждено нашими данными по измерениям поверхностных течений, распределениям температуры и ПОС не только зимой, но и осенью при ветрах западных направлений. Во время весеннего половодья трансформированные речные воды, выносимые из приусстевой зоны Дуная на восток, захватываются антициклоническими вихрями, существующими в области материкового склона справа от Основного Черноморского течения, и переносятся в зоне конвергенции к берегам Болгарии.

Выявлено, что оптическая и термическая структуры вдольберегового течения между п. Одесса и приусстевым районом Дуная достаточно неоднородны. Распределение ПОС и температуры в этом течении имело одинаковый квазиволнобразный характер с пространственным масштабом изменения около 30 км., а также

встречались мелкомасштабные изменения — 4–8 км. При этом географическая ориентация мутных (более холодных вод) и прозрачных (более теплых вод) в осенний и зимний гидрологический сезоны практически совпадали, что свидетельствует в пользу предположения об иден-

тичности факторов, формировавших структуру этих полей в указанные сезоны. К этим фактам относятся прерывистый характер поступления больших объемов речных вод в море, а также меандрирование вдоль берегового течения.

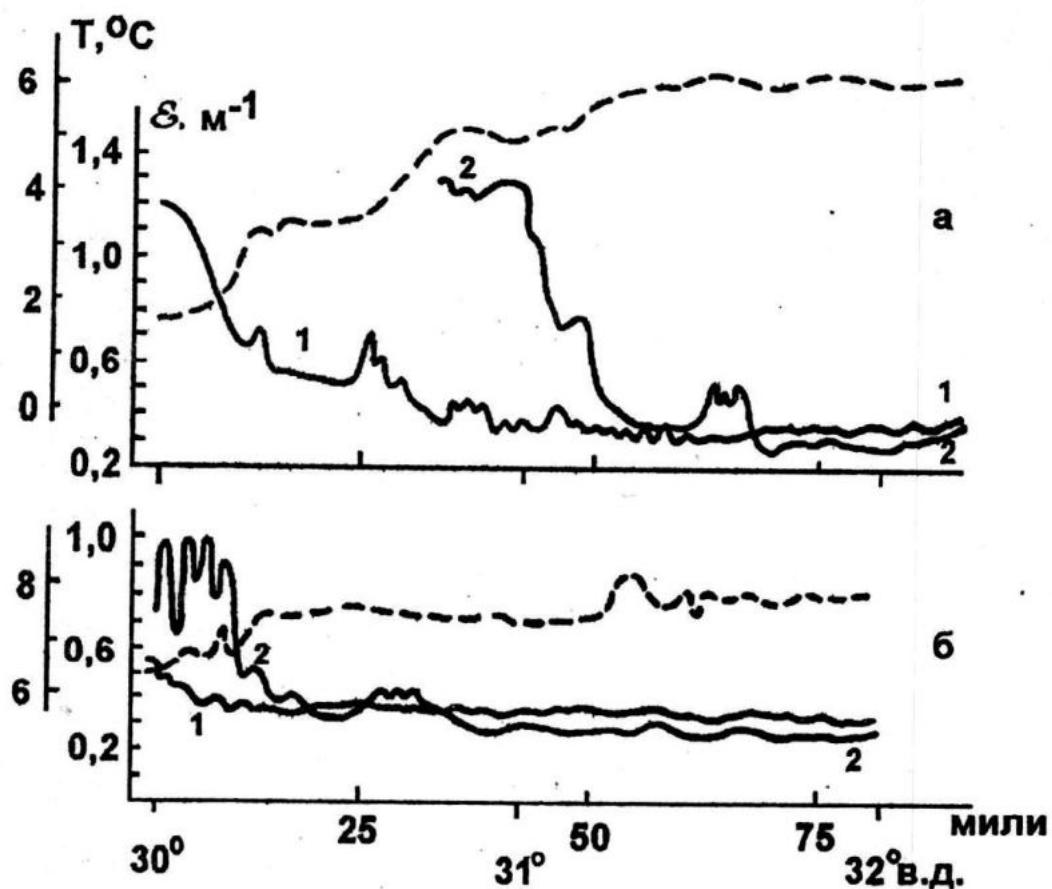


Рис. 2. Распределение ПОС (сплошная линия) и температуры (пунктирная) на широтных разрезах по 45°40' с.ш. (а) и 44°40' с.ш. (б) в марте 1984 г. (1) и июне 1979 г. (2)