

ВЫСОКОПРОЗРАЧНЫЕ ВОДЫ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ШЕЛЬФА ЧЁРНОГО МОРЯ

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

*Морской гидрофизический институт,
НАН Украины
ул. Капитанская, 2, Севастополь,
E-mail: ocean@alpha.mhi.iuf.net

**Севастопольский государственный
технический университет,
ул. Гоголя, 14, Севастополь,
E-mail:sgtu@mail.sevastopol.com

В поверхностном слое северо-западного района Чёрного моря во многих экспедициях обнаруживались прозрачные воды. По результатам одновременных наблюдений температуры и прозрачности вод сделано предположение о их появлении здесь путём переноса из глубоководной части моря и последующей дивергенции, формирующейся в результате взаимодействия с шельфовыми водными массами.

Поле прозрачности воды у поверхности в морях Мирового океана в большей степени формируется биотически и трансформируется динамически. Шельфовые воды более изменчивы. Прозрачность шельфовых вод, как правило, ниже. Это объясняется добавлением в прибрежных водах существенного влияния источников примесей из берегового и речного стоков, донных наносов. Поэтому обнаруженные при буксировке на мелководном северо-западе Чёрного моря на значительном расстоянии от глубоководной акватории изолированные достаточно прозрачные воды были неожиданными и казалось, что это ошибочный или случайный эпизод. Однако, в дальнейшем подтвердилось, что такое состояние вод в районе может наблюдаться довольно часто, является заурядным событием [1,2].

Предполагались возможными два пути происхождения области прозрачных вод – местным продуцированием или переносом извне. Местное происхождение аномалии рассматривалось возможным за счёт функционирования локальной экосистемы фильтрующих бентосных организмов и в связи с отсутствием на северо-западе моря

устойчивой схемы течений. Соответствующих конкретных сведений о районе в пользу этой версии пока не найдено [3, 4] и более реальным в на настоящий момент нам представляется другая версия - перенос прозрачных вод на северо-запад из глубоководного бассейна моря.

По измерениям относительной прозрачности вод, видимости белого диска о существовании прозрачных вод на северо-западе моря известны сведения опубликованные в 1970 году Большаковым, [5, 1970, стр. 190]. Максимум относительной прозрачности для северо-западной части моря был обнаружен в 23,4 милях, к югу от мыса Тарханкут. В наблюдениях горизонтального распределения прозрачности (показателя ослабления света водой - ПОС) очень прозрачная поверхность вода к западу от мыса Тарханкут наблюдалась нами в разные сезоны. Неоднородность имела округлую или вытянутую вдоль направления запад-восток форму со значительными поперечными размерами, в десятки миль [1,2]. При этом величины ПОС в неоднородности могли быть экстремально низкими на момент измерений в сравнении с другими, в том числе и глубоководными районами открытого Чёрного моря. Считалось, что ближайшим внешним источником прозрачных вод для северо-западного района могут быть воды глубоководной части моря из мористой части ветви Основного Черноморского течения, ОЧТ. Такой перенос прозрачных вод на мелководье антициклоническим меандром ОЧТ, часто отмечаемым в этой части акватории, вполне вероятен. Однако, увеличение прозрачности, а не мутности при следовании вод на мелководный север оставался необъяснимым.

В горизонтальном распределении ПОС у поверхности северо-западной части Чёрного моря, к западу от мыса Тарханкут, впервые прозрачные воды были обнаружены в результате буксировки прозрачномера в марте 1978 года, 45-ый рейс НИС "Мускус". Трасса измерений прошла тогда от мыса Херсонес к северо-западу, а затем, северо-западнее Тарханкута, на юго-восток, к устью Дуная. Участок прозрачных вод обнаружен к юго-западу от мыса Тарханкут. Съёмкой на широтных галсах весной 1979

года и летом 1982, 1-ый и 3-ий рейсы НИС "Ай-Тодор", участки прозрачных вод также проявились к западу от берегов Крыма. Осенью 1983 и зимой 1984 года на северо-западе были выполнены подробные наблюдения горизонтального распределения ПОС и Т (температуры) вдоль широтных трасс буксировки. Именно на этих последних съёмках прояснилась форма, размеры и структура оптических неоднородностей на северо-западе. Глубокой осенью прозрачные воды оказались в изолированной области к юго-западу от мыса Тарханкут вытянутой с запада на восток на десятки миль, рис. 1.

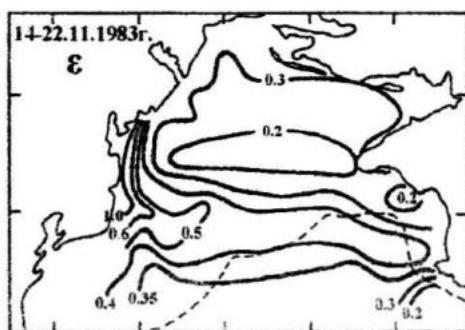


Рис. 1 - ПОС осенью 1983 года

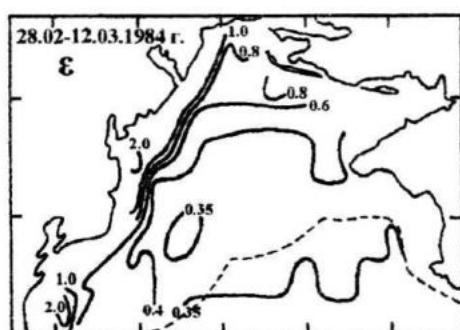


Рис.2 - ПОС весной 1984 года

Большая часть акватории была заполнена стоковыми водами, широко распространившимися от западных и северных берегов на восток и юг, почти до мыса Херсонес. К концу зимы большую часть поверхности акватории занимали относительно прозрачные водные массы глубоководной области моря, с оттеснением мутных шельфовых вод к северным и западным берегам.

Отмечено глубокое их проникновение на шельф к северу и западу мелководного района. Граница вод была резкой, фронтального характера, рис.2.

В наших измерениях, в апреле 1981 года, 76-ой рейс НИС "МУКСУН", горизонтальную структуру ПОС над шельфом с обнаруженным в очередной раз участком (пятном) прозрачных вод оказалось возможным сопоставить по значению ПОС со многими глубоководными западными, центральными и восточными районами моря. Дополнительно, одновременно измеренные профи-

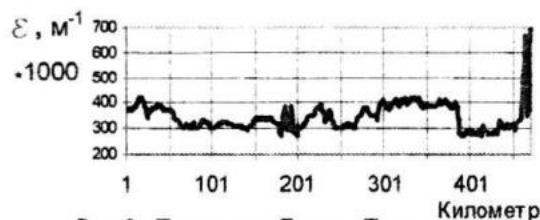


Рис. 3 - Трасса мыс Джазде - Тендровская
коса, ПОС, апрель 1981 г

ли распределения температуры на поверхности - T_0 , и на глубине хода буксируемого прозрачномера - T_5 , предоставили качественно новую информацию.

Горизонтальные распределения ПОС и Т вдоль трассы на северо-западе моря характеризовались наиболее заметными, разнообразными и резкими (фронтальными) изменениями, рис 3 и 4. К западу от Каркинитского залива выделяется более однородная область прозрачных и холодных вод с протяжённостью порядка 100 км, между 370-470 км на рис. 3 и 4. Значение ПОС в ней снижается до 0.25 m^{-1} , что ниже, чем зафиксировано вдоль всех трасс, в том числе всей глубоководной части той же съёмки, выполненной всего за период 20 дней. T_5 снижалась в пятне к северу до 9.2°C . С юга и с севера область прозрачных вод выделяли резкие фронты ПОС с горизонтальными градиентами до 0.05 m^{-1} на километр. Фронт на севере по разности значений ПОС в три раза круче южного. Северный фронт ПОС отделяет участок прозрачных вод от мутных, прибрежного происхождения (из Каркинитского залива или вод Днепро-Бугского лимана). Формирование южного фронтального раздела более неопределённо, но реальную возможность объяснить

его происхождение дают данные одновременного измерения температуры на поверхности - T_0 и на глубине хода прозрачного номера, измерителя ПОС - T_5 , рис.4. T_0

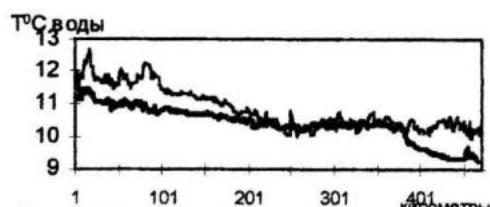


Рис.4 - Трасса мыс Джиде - Тендровская коса, температура на поверхности (тонкая) и на 5 м (толстая линия), апрель 1981 год.

(тонкая линия) над прозрачными водами не выделяется по значениям от профиля T_0 над остальной частью шельфа, отрезок трассы 300-500 км на рис.3 и 4. При этом профиль T_5 хорошо согласуется с изменениями над шельфом ПОС, рис.3. Таким образом, обнаруженная неоднородность имела физически глубинную природу. Южный фронт, выделяющий оптическую неоднородность, ограничивает с юга зону дивергенции, зону подъёма вод, образовавшуюся при взаимодействии потока северо-западного направления с мутными шельфовыми водами на севере района.

Оптические фронты, границы участка прозрачных вод, сопровождали локальные фронтальные термические изменения T_5 с высокими горизонтальными градиентами, от 0.5°C до 1°C на км. Профиль T_5 в пятне отличалась более высокая степень однородности. Тренд горизонтального профиля T_5 в пятне имел противоположный знак по отношению к ПОС, а по значениям температуры он выделял участок прозрачных вод, обозначив на нём крутой излом горизонтального хода температуры по отношению к профилю над южной частью трассы. Профиль T_0 над пятном заполняло множество резких мелкомасштабных неоднородностей с градиентами более 0.5°C на км, которые не изменяли среднего уровня T_0 . К югу от прозрачного пятна, неоднородности профиля T_0 характеризуются в 2-3 раза большими, чем над пятном, горизонтальными размерами. Таким образом, термические характеристики участка трассы с аномально прозрачными водами северо-западного шельфа на поверхности и осо-

бенно в глубине проявили характерные отличия - по отношению к прилегающим водам. Эти особенности T более проявляются в глубине, чем на поверхности. Из этого следует, что источником пятна холодных и высокопрозрачных вод вероятнее всего могут быть глубинные горизонты глубоководной котловины, а их появление у поверхности на мелководье обусловлено особыми динамическими причинами.

Известны факты, когда в гидрологических съёмках отмечались случаи разделения ОЧТ к югу от мыса Херсонес, где оно разделялось на две струи. Одна из них перемещалась далее вдоль материкового склона на запад и юго-запад. Другая - следовала на мелководье к северо-западу, в направлении к мысу Тарханкут. Разделение ОЧТ может вызывать известная линамические активная зона над неоднородностью рельефа дна - характерный выступ у кромки материкового склона к юго-западу от мыса Херсонес. Эта особенность рельефа дна - наиболее вероятная причина зарождения завихренности вод за ней при её обтекании. Размеры этого вихревого образования соизмеримы с расстоянием от его центра зарождения до мыса Тарханкут, порядка нескольких десятков миль. Значения и характер распределения ПОС и T_5 в пятне прозрачных вод таковы, что их можно идентифицировать как воды открытого моря, но не поверхностные, а глубинные, с горизонтами порядка 20-40 м, близкие к горизонтам промежуточного холодного слоя. Перемещаясь либо в отделившейся струе ОЧТ, либо с водной массой окраины меандрирующей у материкового склона вихревой структуры, они могут взаимодействовать с шельфовыми водными массами. В результате такого динамического взаимодействия формируются зоны дивергенции. К приближению глубинных вод к поверхности приводит и уменьшение глубины места в направлении на северо-запад. Этими процессами и может формироваться приповерхностная область аномально прозрачных, холодных вод на востоке мелководного северо-западного района Чёрного моря.

Таким образом, сопоставление горизонтальных профилей ПОС в области прозрачных вод с вертикальным распределением T ,

позволяет объяснять происхождение аномалии в районе мыса Тарханкут, к югу от Тендровской косы - как результат динамического взаимодействия вод открытого моря с водами шельфового происхождения.

Несмотря на многочисленные дистанционные и космические измерения до последних лет в них не было отмечено подобных аномалий северо-западной части Чёрного моря у западных берегов Крыма. Они малоизвестны дистанционно, лежат в зоне слабых оптических контрастов поверхности. Внимание исследователей космических изображений северо-запада прежде всего отвлекали высокие контрасты фронтальных зон у устьев рек и приусадебных лиманов, активно исследовалась и эволюция прислоновых вихревых образований. Зимой или весной особенности проникновения вод ОЧТ на северо-запад дистанционно затруднены из-за неблагоприятных погодных условий, плотной облачности и пониженной освещённости. В летнюю же, безоблачную погоду северо-западный район заполняют в основном шельфовые воды.

Заключение. Аномально высокопрозрачные и холодные воды, обнаруживаемые контактными методами у поверхности мелководной северо-западной части Чёрного моря у западных берегов Крыма, могут быть перенесены туда и подняты к поверхности, путём адвекции и в результате вихревого взаимодействия вод глубоководной котловины с формируемыми на шельфе стоковыми и речными водными массами.

Весной и в конце зимы, в связи с зимней активизацией динамики и открытого доступа на шельф, воды глубоководного района, имеют возможность далеко проникать на северо-западный шельф, вплоть до района Тендровской косы, занимая большую часть шельфа.

Пространственные масштабы явления имеют размеры порядка десятков миль и более, при соответствующем временном диапазоне - до сезонных изменений. Проникновение вод глубоководного района на мелководный северо-запад моря, обнаруживаясь контактно в различные сезоны годового хода, является специфической ха-

рактерной особенностью района и может эффективно контролироваться контактными, в том числе и оптическими наблюдениями. Объём контактных измерений в последние годы в северо-западном районе, как и в остальной части моря, резко снизился до узкорегиональных съёмок, что пока не позволяет проводить дальнейшее исследование явления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Е.А.Агафонов, А.С.Кукушкин, Ю.А. Прохоренко, С.Т.Каминский. Исследование прозрачности и динамики вод на северо-западном шельфе Черного моря. В сб."Диагноз состояния экосистемы Черного моря и зоны сопряжения суши и моря", Труды научной конференции 29.09.1997, - Севастополь, пос. Кацивели, Крым, 1997, - с.100
2. Е.А.Агафонов, А.С.Кукушкин, Ю.А. Прохоренко, С.Т.Каминский. Пространственная структура и изменчивость полей течений показателя ослабления света и температуры в поверхностном слое северо-западной части Чёрного моря. Морской гидрофизический журнал, №4, 1998, - с. 57—69.
3. Многолетние изменения зообентоса Чёрного моря. // Заика В.Е., Киселёва М.И., Михайлова Т.В. и др. Отв. Ред. Заика В.Е., АН Украины, Ин-т биологии юж. морей им. А.О.Ковалевского, - Киев: Наукова думка, 1992, - 248 с.
4. Основы биологической продуктивности Чёрного моря. АН УССР, ордена Трудового Красного знамени ин. БЮМ им. А.О. Ковалевского. Под общей ред. Член-корреспондента АН УССР В.Н.Грезе. - Киев: Наукова думка, 1979, - 392 с.
5. В.С.Большаков. Трансформация речных вод в Чёрном море. Институт биологии южных морей Академия наук УССР, Одесское отделение. Наукова думка, Киев, 1970, - 328 с.