

ИССЛЕДОВАНИЯ ГИДРОЛОГИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ВОД В СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ЧЕРНОГО МОРЯ В ОКТЯБРЕ 2010 Г. (ПО МАТЕРИАЛАМ 67-ГО РЕЙСА НИС «ПРОФЕССОР ВОДЯНИЦКИЙ»)

Ю.В. Артамонов, Д.В. Алексеев,
Ю.Н. Горячkin, И.Г. Кирющенко,
В.В. Мельников*, А.И. Чепыженко,
Ю.И. Шаповалов, С.А. Шутов

Морской гидрофизический институт
НАН Украины

г. Севастополь, ул. Капитанская, 2

*Институт биологии Южных морей
НАН Украины,
г. Севастополь, пр. Нахимова, 2

Представлены результаты океанографических исследований, проведенных в ходе экспедиции 67-го рейса НИС «Профессор Водяницкий» в северо-западной части Черного моря. Полученные распределения термохалинных характеристик обсуждаются с позиции их нормального сезонного цикла. По материалам повторных съемок и климатическим данным выполнены некоторые оценки межгодовой изменчивости структуры вод в исследуемом районе.

Введение. Гидрологические работы в ходе экспедиции 67-го рейса НИС «Профессор Водяницкий» выполнялись в соответствии с планами работ Морского гидрофизического института НАН Украины по проектам «Проведение комплексных исследований морских природных систем с целью устойчивого, экологически и техногенно-безопасного использования ресурсного потенциала Азовово-Черноморского бассейна» (шифр «Экспедиционные исследования»), «Исследование гидрофизических и биогеохимических процессов, определяющих устойчивость и ассимиляционную емкость большой черноморской экосистемы, в целях управления и создания методологии оценки качества морской среды» (шифр «Стабильная экосистема»), «Междисциплинарные фундаментальные исследования прибрежных и шельфовых зон Азово-Черноморского бассейна» (шифр «Экошельф»), «Фундаментальные и прикладные физико-климатические исследования морской среды и климатической системы океан-атмосфера» (шифр «Климат») и «Сероводород-мониторинг». В ходе рейса решались следующие основные задачи:

– изучение характеристик Севастопольского антициклонического вихря и транс-

формации вод холодного промежуточного слоя (ХПС) в осенний период;

– исследование гидрологических условий в мелководном северо-западном секторе Черного моря, в прибрежной зоне вблизи устьев рек Днестр, Дунай и района о-ва Змеиный;

– получение экспериментальных данных о вертикальном распределении скорости течений в исследуемых районах;

В настоящей статье приводятся основные результаты гидрологических работ, выполненных в ходе 67-го рейса НИС «Профессор Водяницкий».

Материалы и методика. Измерения гидростатического давления, температуры, электропроводности, концентрации кислорода и сероводорода проводились гидролого-химическим зондирующим комплексом Sea-Birds «911 plus CTD», производства США. Отбор проб производился кассетой из 12 батометров. Измерительный модуль кислорода; гидрохимический модуль ГХМ (исполнение 01) были установлены на каркас СТД-зонда SBE-911PLUS. Технические характеристики комплекса SBE-911PLUS и входящих в него модулей приводятся в отчете [1]. СТД-зондирования проводились с помощью корповой траловой лебедки с кабель-тросом толщиной 16 мм. Прибор опускался со спила с помощью П-рамы. На каждой станции проводились измерения течений с помощью акустического допплеровского профилографа течений ADCP WORKHORSE [2]. Точность определения скорости: $\pm 0.5\%$ от скорости потока, разрешение по скорости 0.1 см/с.

В 67-м рейсе НИС «Профессор Водяницкий» было выполнено 93 гидрологические станции, расположение которых показано на рисунке 1.

Кроме того, в работе был использован массив данных по температуре и солености, созданный на основе океанографических банков МГИ НАН Украины и Морского отделения УкрНИГМИ. Подробное описание массива приводится в работе [3].

Анализ результатов. Климатическое распределение температуры и солености в период съемки (рис. 2). Наибольшие климатические значения температуры на поверхности (ТПМ) в северо-западной части Черного моря в октябре ($> 17.9^{\circ}\text{C}$) наблюдаются около Крымского полуострова, минимальные – на мелководье вблизи устья Днепровского лимана ($< 15^{\circ}\text{C}$) и в Каркинитском заливе ($< 16.2^{\circ}\text{C}$) (рис. 2, а).

Судя по конфигурации изотерм (изотермы имеют прогиб к югу), холодные воды,

располагающиеся на севере, под действием преобладающих в октябре дрейфовых течений перемещаются вдоль побережья в юго-западном направлении примерно до устья р. Дунай. Ближе к Крымскому полуострову изотермы, наоборот, прогибаются на север. Такая конфигурация изотерм в это время года косвенно может свидетельствовать о том, что генеральное перемещение поверхностных вод в северо-западной части Черного моря происходит по циклонической траектории. Характерно, что в этот период наблюдается

ослабление геострофической составляющей Основного Черноморского течения (ОЧТ) [4, 5]. Зональная составляющая ОЧТ наименее интенсивна летом-осенью, при этом минимум скорости обычно наступает в августе-сентябре.

В климатическом сезонном цикле ТПМ вдоль северо-западного побережья Черного моря в октябре наблюдается интенсивное охлаждение поверхностных вод (рис. 2, б), которое охватывает, прежде всего, мелководные районы.

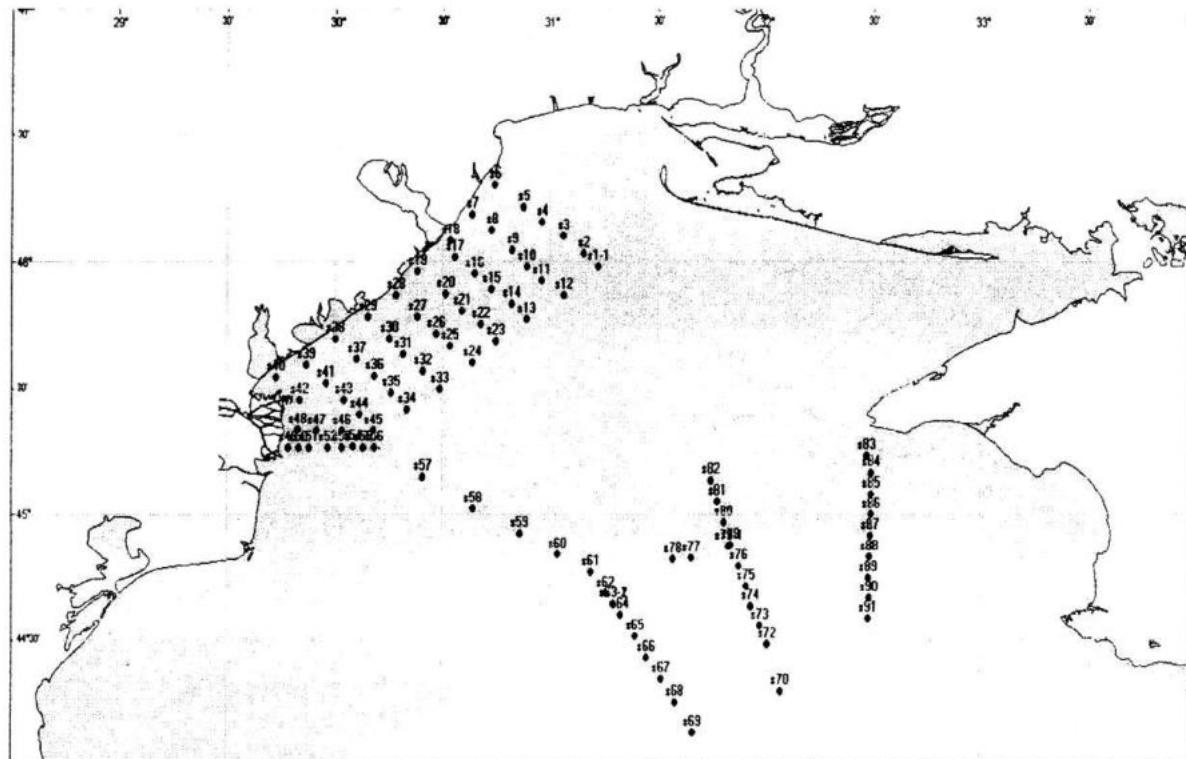


Рис. 1. Расположение гидрологических станций, выполненных в 67-м рейсе НИС «Профессор Водяницкий»

Распределение климатической солености на поверхности (СПМ) в октябре показывает монотонное увеличение СПМ в юго-восточном направлении примерно от ~ 16 ‰ до 18 ‰ (рис. 2, в). Фоновое распреснение вод у северо-западного побережья достигает ~ 15 – 16 %. Отмечаются две области максимального распреснения вод: одна в районе устья р. Дунай (~ 14 %), другая – между п. Одесса и Днепровским лиманом (~ 13 %). В климатическом сезонном цикле на широте устья р. Дунай интенсивное распреснение наблюдается примерно с марта по август, а следы этого распреснения сохраняются в течение всего года (рис. 2, г). Наибольшее распреснение отмечается в апреле, когда сток Дуная максимален [6]. Граница распресненных дунайских вод (по изохалине 15 ‰) за-

нимает крайнее южное положение (44.2° с.ш.) в мае, северное (44.9° с.ш.) – в январе. У северных берегов, восточнее Одессы, наблюдаются два пика распреснения: в апреле-мае и ноябре-декабре.

Таким образом, период выполнения гидрологической съемки в 67-м рейсе НИС «Профессор Водяницкий» (октябрь 2010 г.) соответствовал гидрологической осени, которая характеризуется интенсивным охлаждением поверхностных вод. Скорость ОЧТ в этот период минимальна. В районе устья р. Дунай период интенсивного распреснения поверхностных вод закончился, у п. Одесса начался период осеннего распреснения.

Гидрологическая съемка в прибрежной зоне вблизи устьев рек Днестр, Дунай. Анализ вертикальных профилей температуры в

пределах съемки (11 – 15.11. 2010 г.) показал, что на станциях, расположенных ближе к берегу, повсеместно наблюдалась более низкая температура вод, кроме придонных слоев, что может свидетельствовать об интенсивном осеннем охлаждении прибрежных вод.

В поле солености прослеживалась относительно однородная вертикальная структура с соленостью, характерной для открытой части северо-западного шельфа. Только на не-

скольких прибрежных станциях отмечалось интенсивное распреснение вод в верхнем слое 0 – 5 м. На станции вблизи устья р. Дунай СПМ снижалась до ~ 7 – 8 %, тогда как в открытом море она достигала 17 – 18 %. На мористых станциях фактические значения СПМ были заметно выше климатических. В целом, на полигоне, согласно классификации [3], выделяются *Прибрежная водная масса* и ее более пресная модификация.

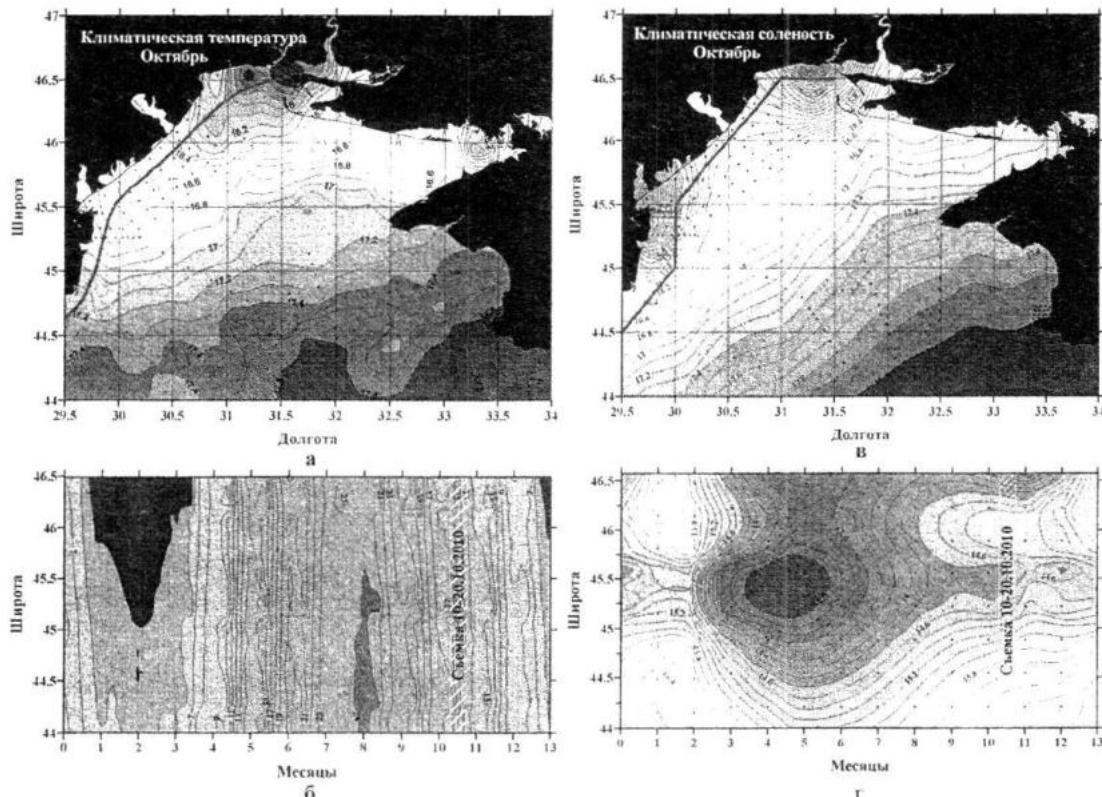


Рис. 2. Климатическое распределение температуры (а) и солености (в) на поверхности в октябре, точками показано положение станций, выполненных в 67-м рейсе НЭС «Профессор Водяницкий» 10 – 20 октября 2010 г.; внутригодовой ход температуры (б) и солености (г) на поверхности вдоль северо-западного побережья Черного моря (положение профиля представлено красной линией на рисунках а, в).

Прямоугольником схематически показано время съемки

Распределение температуры на полигоне у поверхности (2 м) показывает, что наиболее теплые воды с температурой > 17 °C располагались на востоке съемки (рис. 4, а). При этом фактическая температура была примерно на 0.5 °C выше среднемесячной климатической нормы. Полоса вод более низкой температуры (< 16 °C) вытягивалась вдоль побережья, что свидетельствовало об осеннем охлаждении в прибрежных районах.

Распределение горизонтальных градиентов ТПМ качественно отражает интенсивность охлаждения прибрежных вод (рис. 4, б). Максимальные градиенты ТПМ наблюдались напротив дельты Дуная и лиманов Сасык и Шаганы, а также на северо-восточной

границе съемки. Вместе с тем, анализ рельефа дна и положения областей максимальных градиентов не выявляет четкой связи, т.е. интенсивное охлаждение на мелководье не ограничено определенной изобатой. Это, вероятнее всего, связано с синоптической изменчивостью, которой подвержена граница между теплыми водами открытого шельфа и холодными прибрежными водами. Кроме того, на локальное охлаждение накладывается адvection более холодных вод с севера, как это наблюдается на климатическом распределении температуры. Косвенным подтверждением того, что в период выполнения съемки наблюдалась достаточно изменчивая синоптическая ситуация и проходили интенсивные

процессы горизонтального перемешивания, является достаточно сложная картина циркуляции вод.

На рис. 5 показаны распределения меридиональной составляющей скорости течений на разрезах в пределах съемки по данным профилографа *ADCP*. В целом наблюдалась сложная пространственная структура потоков. В некоторых местах, несмотря на малые глубины, отмечалась переслоенность течений

по вертикали. Например, на северном разрезе на ст. 5 – 6 в слое 5 – 10 м и у дна течение было направлено на юг, а на горизонтах 10 – 14 м прослеживалась прослойка вод, движущихся в северном направлении.

Наиболее интенсивные течения с преобладающей составляющей на север наблюдались на северной границе полигона, на юг – ближе к дельте Дуная.

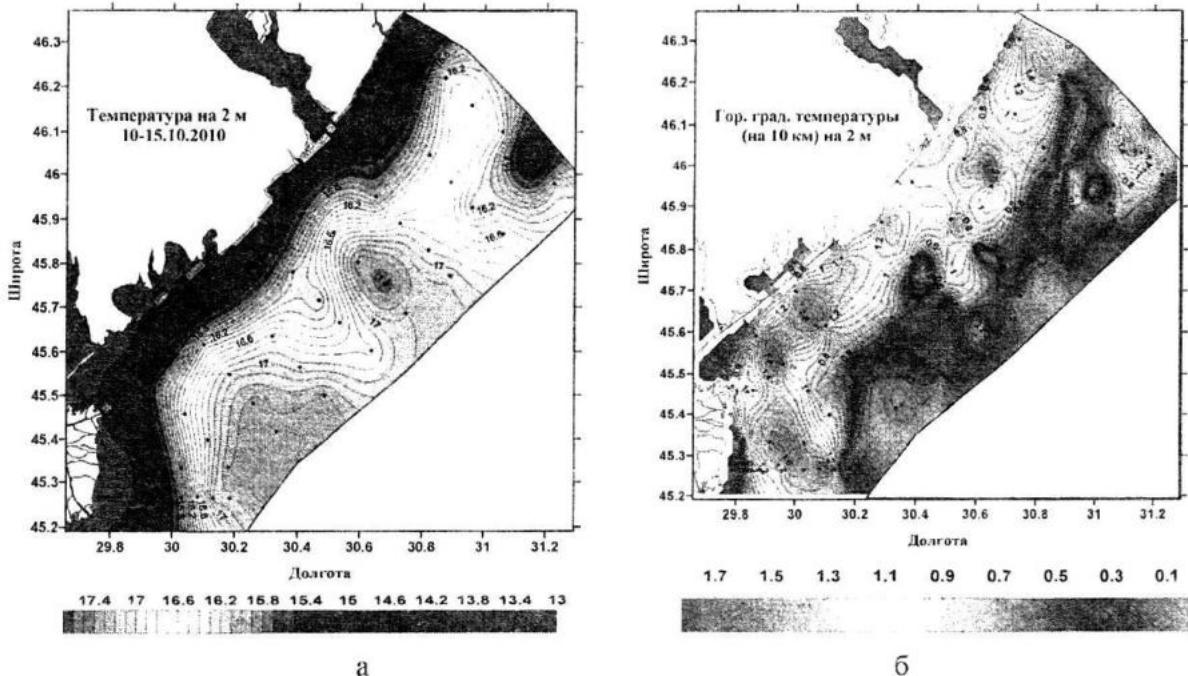


Рис. 4. Распределение температуры (а) и ее горизонтальных градиентов (б) на горизонте 2 м в северо-западной части Черного моря в октябре 2010 г.

В качестве тенденции можно отметить следующее. На всех разрезах, кроме двух (ст. 34 – 38, ст. 49 – 56), на востоке преобладали течения на север. Западная прибрежная часть разрезов (ст. 29 – 33, ст. 34 – 38) была занята преимущественно потоками южного направления, т.е. генеральное движение вод в пределах съемки у берега и в мористой части происходило в противоположном направлении. На качественном уровне это не противоречит крупномасштабной схеме циркуляции вод для октября, которая проявляется при анализе климатического поля температуры (рис. 2, а). В общих чертах это подтверждается распределением зональной и меридиональной составляющих скорости течений на горизонте 10 м (рис. 6). На юге съемки отмечалось генеральное направление течения на юго-запад. В центральной части съемки, ближе к восточной границе, генеральный поток следовал на северо-запад, затем он разворачивался на северо-восток. На крайнем северном разрезе ближе к берегу поток сохра-

нял северную составляющую и был направлен на северо-запад. На траверзе Днестровского лимана и несколько южнее, вдоль побережья течение следовало в юго-западном направлении, при этом максимум меридиональной составляющей скорости отмечался несколько южнее Днестровского лимана.

На траверзе лиманов Сасык и Шаганы юго-западный вдольбереговой поток прерывался северо-восточным течением, скорости которого относительно невелики. Вероятно, это результат синоптического меандрирования северо-восточного течения, которое преобладало на востоке съемки, и на участке лиманов Сасык и Шаганы подходило близко к берегу.

Влияние динамики вод проявляется и в распределении приповерхностной солености. Горизонтальное распределение солености показывает, что на поверхности (2 м) минимальная соленость (< 10 %) наблюдалась напротив дельты Дуная (рис. 7, а). При этом преобладающие в этом районе течения юго-

западного направления не позволяли распределенным водам распространяться на север.

Другая область заметного распреснения располагалась к северу от устья Днестровского лимана, на северо-западе съемки. Хотя в период измерений непосредственно в районе линзы распресненных вод наблюдалось слабое северо-западное течение, появление этих вод, вероятнее всего, связано с предше-

ствующим выносом пресных вод из района Одессы и Днепровского лимана.

На траверзе Днестровского лимана вдольбереговой поток был направлен на юг, а смену направления на крайнем северо-западном участке, вероятно, можно рассматривать, как синоптическую вариацию, которая не разрушила распресненную линзу, пришедшую ранее с севера.

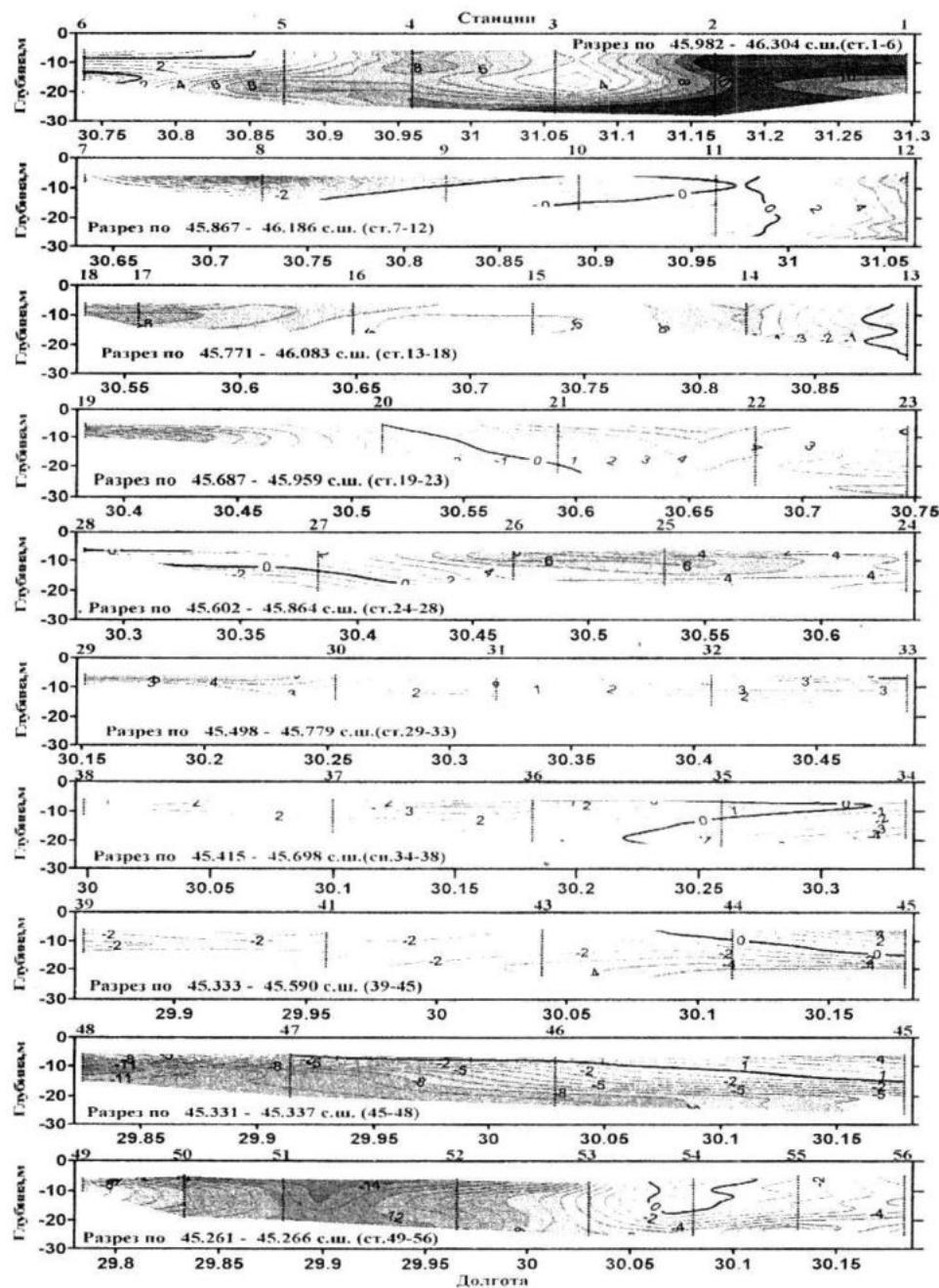


Рис. 5. Распределение меридиональной составляющей скорости течений на разрезах в северо-западной части Черного моря (10 – 15.10. 2010 г.)

Вся центральная и восточная часть съемки была занята водами с относительно высокой соленостью. Прибрежная область представляла собой зону трансформации вод речного стока с Прибрежной водной массой.

Судя по семейству T,S-кривых, индексы этой водной массы находятся в диапазонах: T – 16 – 18 °C и S – 17 – 18 ‰.

Положение областей максимальных горизонтальных градиентов солености (рис. 7, б)

практически совпадает с максимальными градиентами температуры (рис. 4, б). Таким образом, в пределах выполненной съемки речной сток оказывал влияние на структуру вод исключительно в прибрежных районах, при этом его влияние сказывалось в основном в верхнем слое 0 – 5 м. В мористой части съемки располагались теплые и соленые воды открытой части северо-западного шельфа. Эти водные массы были разделены мощным температурным и соленоострым фронтом, максимальные горизонтальные градиенты в котором наблюдались в районе дельты Дуная и достигали, соответственно, 1.9 °C и 5 ‰ на 10 километров.

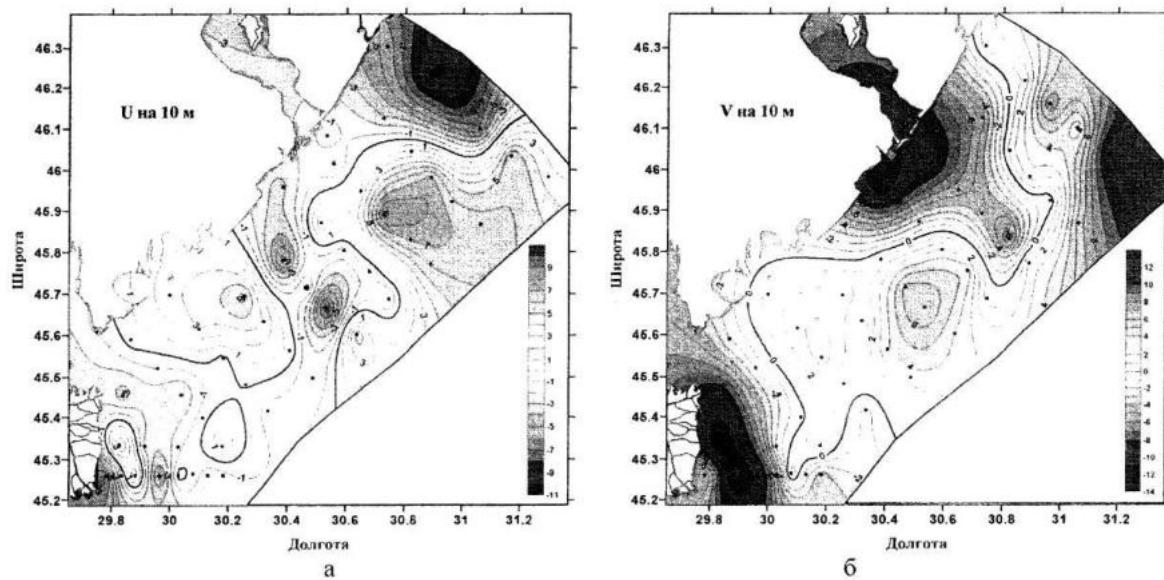


Рис. 6. Распределение зональной (а) и меридиональной (б) составляющих скорости течений на горизонте 10 м в северо-западной части Черного моря (10 – 15.10.2010 г.)

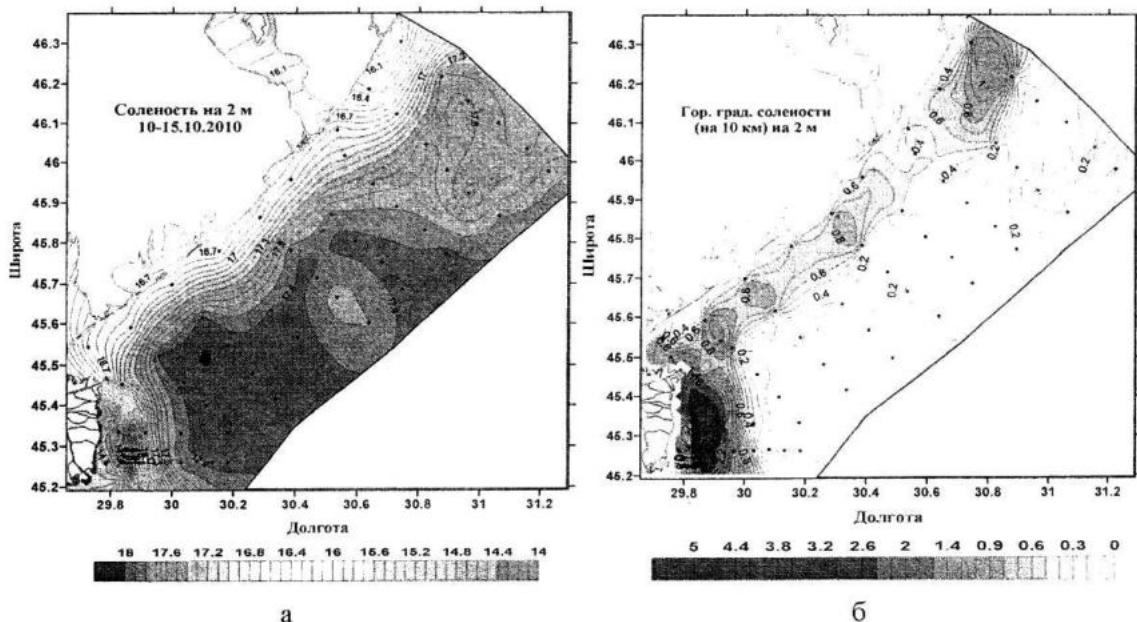
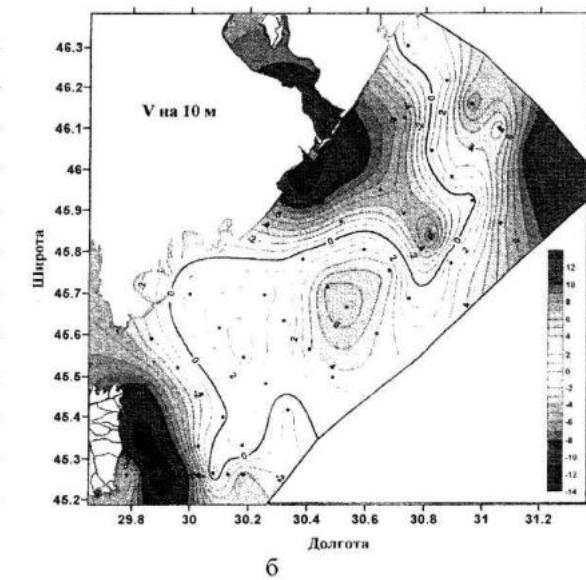
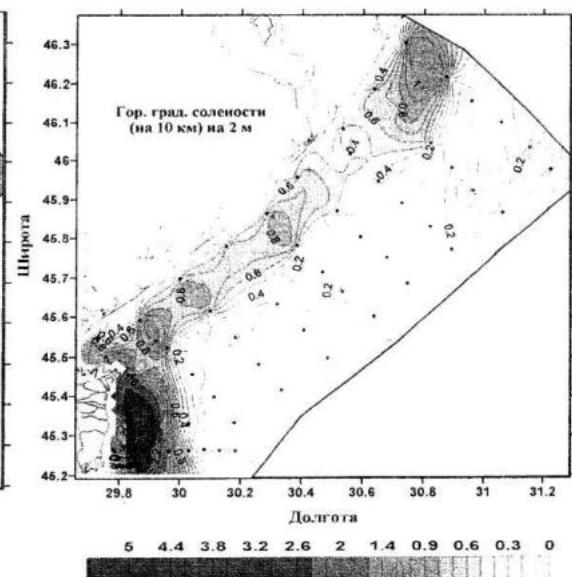


Рис. 7. Распределение солености (а) и ее горизонтальных градиентов на горизонте 2 м в северо-западной части Черного моря в октябре 2010 г.

Гидрологическая структура вод на разрезах через Севастопольский антициклон. Разрез ст. 57 – 69. Распределения температуры и солености показывают, что процесс охлаждения поверхностных вод в открытой части северо-западного шельфа и глубоководной части Черного моря проходил менее интенсивно, чем в прибрежных районах (рис. 8, а, б). Сильно сказывалось ветровое волнение, которое способствовало формированию хорошо выраженного верхнего квазиоднородного слоя (ВКС) толщиной примерно 10 – 15 м. Значения температуры в ВКС колебались в пределах 15 – 17 °C, солености – 17.5 – 18 ‰.



б



б

Ниже ВКС, примерно между горизонтами 15 и 40 м, располагался слой отрицательных вертикальных градиентов температуры. Максимальный по абсолютной величине градиент температуры, полученный в результате осреднения всех профилей по разрезу, располагался на глубинах 20 – 30 м, и по абсолютной величине достигал 0.24 °C/м.

Глубже слоя температурного скачка залегал холодный промежуточный слой (ХПС). Значения температуры в ядре ХПС находились в пределах 8.25 – 8.35 °C. Глубина залегания ядра ХПС изменялась от 50 – 80 м в мористой части и над свалом глубин и до 100 м в центральной части разреза.

Между глубинами 100 и 200 м располагался слой слабых положительных вертикальных

градиентов температуры. Максимальные значения градиента наблюдались на глубине 130 – 140 м и не превышали 0.0045 °C/м.

Характерно, что максимальный вертикальный градиент солености располагался между глубинами 100 и 110 м, близкими к глубинам залегания максимума положительного градиента температуры, т.е. на нижней границе ХПС. Максимальные значения вертикального градиента солености достигали примерно 0.030 – 0.035 ‰.

Необходимо отметить, что заглубление ядра ХПС и слоя максимальных вертикальных градиентов солености в центральной части разреза свидетельствует о том, что разрез пересекал антициклоническое образование.

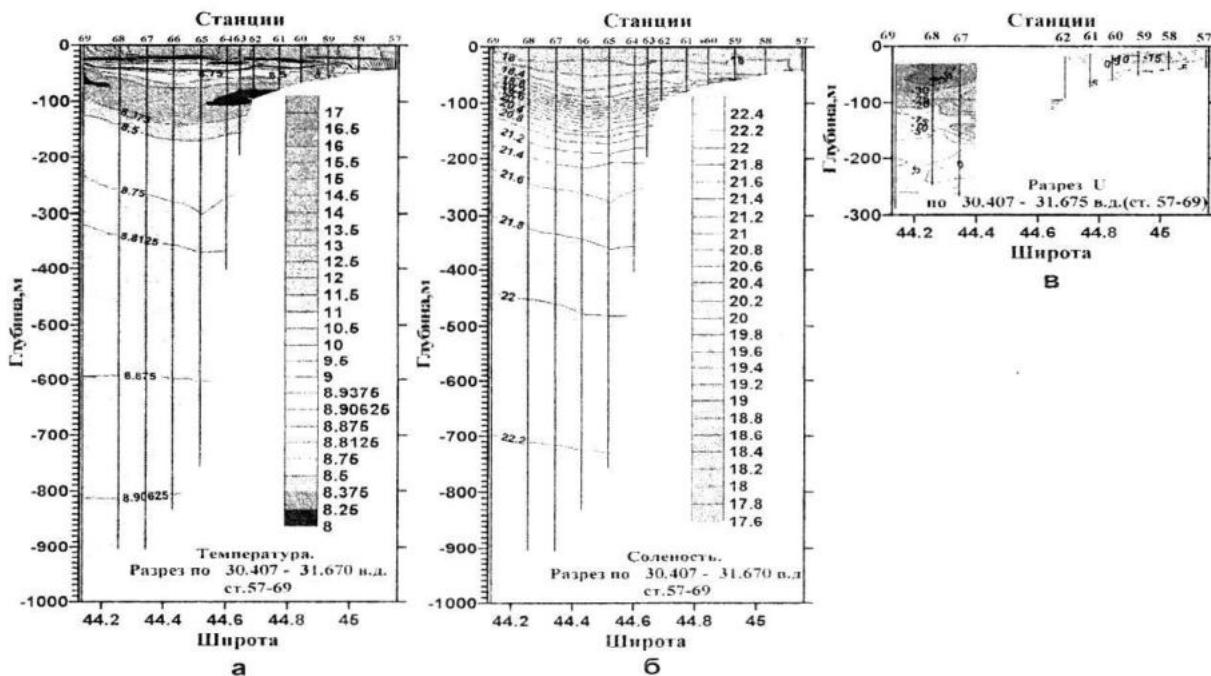


Рис. 8. Распределение температуры (а), солености (б) и зональной составляющей скорости течений на разрезе ст. 57 – 69 в октябре 2010 г.

Ниже ХПС, согласно [3], располагалась Промежуточная черноморская водная масса (ПЧВМ). Она занимала слой основного пикноклина. Верхняя граница ПЧВМ располагалась в слое 120 – 150 м. Нижняя граница ПЧВМ залегала глубже нижнего горизонта измерений. Термохалинные индексы этой водной массы изменились в пределах, соответственно, $T = 8.6 – 9 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $S = 21 – 22.3 \text{ }‰$.

Распределение зональной скорости течений на разрезе показало, что ядро зональной составляющей ОЧТ ($> 35 \text{ см/с}$) располагалось в ХПС на глубинах 50 – 75 м (рис. 8, в).

Глубже, под ХПС, наблюдалось слабое ($< 5 \text{ см/с}$) противотечение восточного направления. К сожалению, из-за технических не-

поладок измерения течений на ст. 63 – 66 не были выполнены, поэтому поведение ОЧТ над свалом глубин проследить не удалось.

На глубинах менее 100 м (ст. 60 – 62) наблюдался слабый поток восточного направления, который можно интерпретировать как северную периферию Севастопольского антициклона. Далее на север, на глубинах менее 50 м течение было направлено снова на запад. Ядро потока (15 см/с) располагалось в приповерхностном слое. Продолжение этой струи можно было видеть в южной части съемки вблизи устья р. Дунай (ст. 51 – 53), где он поворачивал на юго-запад (рис. 6).

Разрез ст. 70 – 82. Как и на западном разрезе, в поле температуры наблюдался

верхний квазиоднородный слой толщиной примерно 10 – 15 м (рис. 9, а). Значения температуры в ВКС колебались в пределах 15 – 17 °С. Ниже ВКС, примерно между горизонтами 20 и 60 м, располагался слой отрицательных вертикальных градиентов температуры, характеризующий верхнюю границу ХПС. Ядро ХПС залегало на глубинах 70 – 85 м.

Измерения течений на разрезе ст. 70 – 82 показали, что над свалом глубин прослеживались два ядра ОЧТ (рис. 9, б). Верхнее ядро располагалось примерно между глубинами 40 и 50 м на мелководной станции 76 и между 50 и 65 м на более мористых станциях 73, 74, 75. Эти глубины примерно соответствуют верхней части ХПС выше ядра.

Другое ядро зонального потока располагалось на глубинах 130 – 150 м на ст. 74, 75. Эти глубины примерно совпадают со слоем положительных температурных градиентов и соответствуют нижней границе ХПС. Также как и на западном разрезе, глубже 200 м (ст.

73, 74) наблюдался поток восточного направления.

На разрезе ст. 83 – 91 в мористой части отмечено увеличение мощности ВКС до 50 м и заглубление ядра ХПС до 100 – 110 м. Ближе к шельфу ВКС уменьшался, а ядро ХПС поднялось выше 100 м (рис. 9, в). Стрежень ОЧТ также поднялся до глубины 110 м, а восточное противотечение было прижато к материковому склону (рис. 9, г).

Можно предположить, что положение восточного противотечения контролируется положением стрежня ОЧТ – чем ближе к поверхности стрежень ОЧТ, тем ближе к материковому склону восточное противотечение.

В целом, анализ структуры вод на трех разрезах, выполненных в предполагаемом месте нахождения Севастопольского антициклона, показал, что по гидрологическим данным и инструментальным измерениям течений это антициклоническое образование прослеживалось наиболее четко только на западном разрезе.

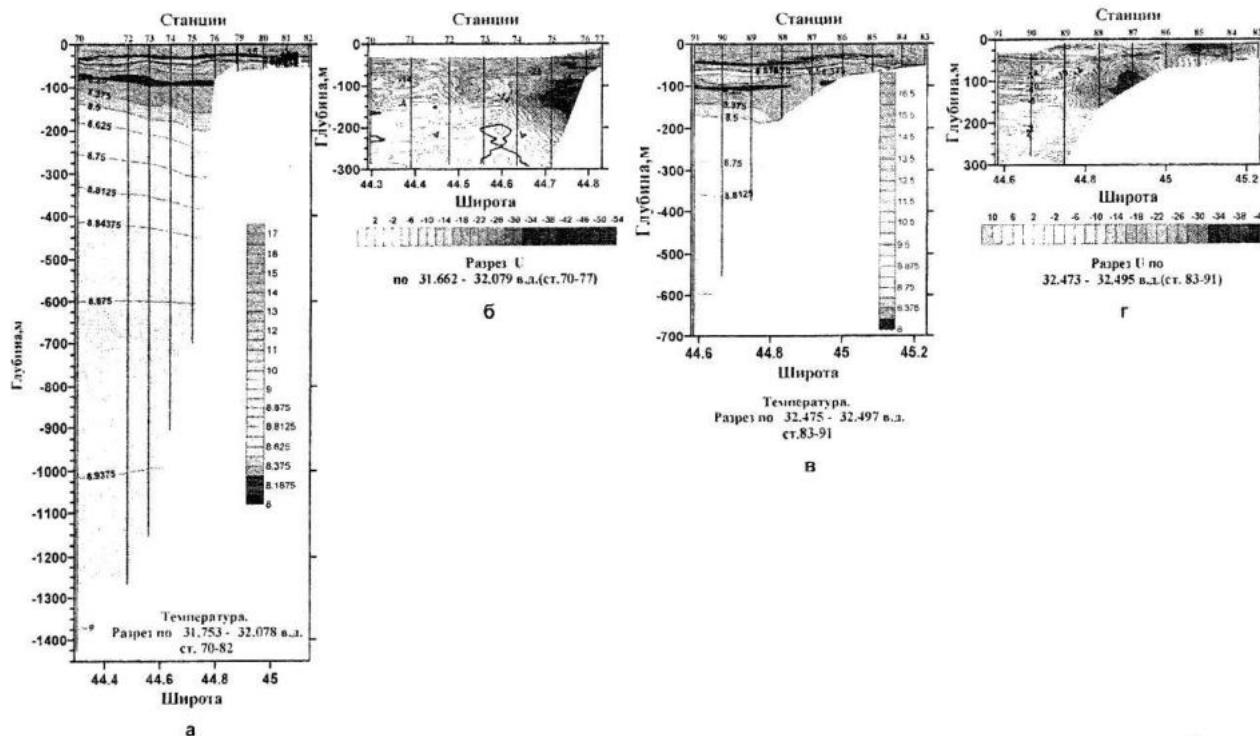


Рис. 9. Распределение температуры (а, в) и зональной скорости (б, г) на разрезах ст. 70 – 82 (а, б) и ст. 83 – 91 (в, г) в октябре 2010 г.

Сравнение термохалинных характеристик в северо-западной части Черного моря по материалам наблюдений в октябре 2007, августе 2009 и октябре 2010 гг. Гидрологическая съемка у северо-западного побережья Черного моря в летне-осенний период за последние четыре года выполнялась трижды. Привлечение непрерывных спутниковых данных [7] позволяет высказать некоторые

предположения о проявлении синоптической, сезонной и межгодовой изменчивости термохалинных полей в этом районе.

Место гидрологических съемок в непрерывном ряде спутниковых измерений ТПМ иллюстрирует рис. 10, построенный для точки с координатами 33° в.д. и 45.5° с.ш. по спутниковым данным с двухнедельным осреднением. Сглаженные скользящим сред-

ним по 9-ти точкам данные показывают, что все три съемки выполнялись в периоды, когда преобладали положительные аномалии ТПМ. При этом во время третьей съемки (октябрь 2010 г.) сглаженные аномалии ТПМ были в 2 – 3 раза выше, чем в октябре 2007 г. и августе 2009 г. Несмотря на двухнедельное

осреднение, в данных присутствует интенсивный синоптический сигнал, который проявляется в существенной изменчивости аномалий ТПМ по величине и знаку (на рис. 10, б – тонкая кривая). Эта изменчивость находит отражение в результатах гидрологических съемок.

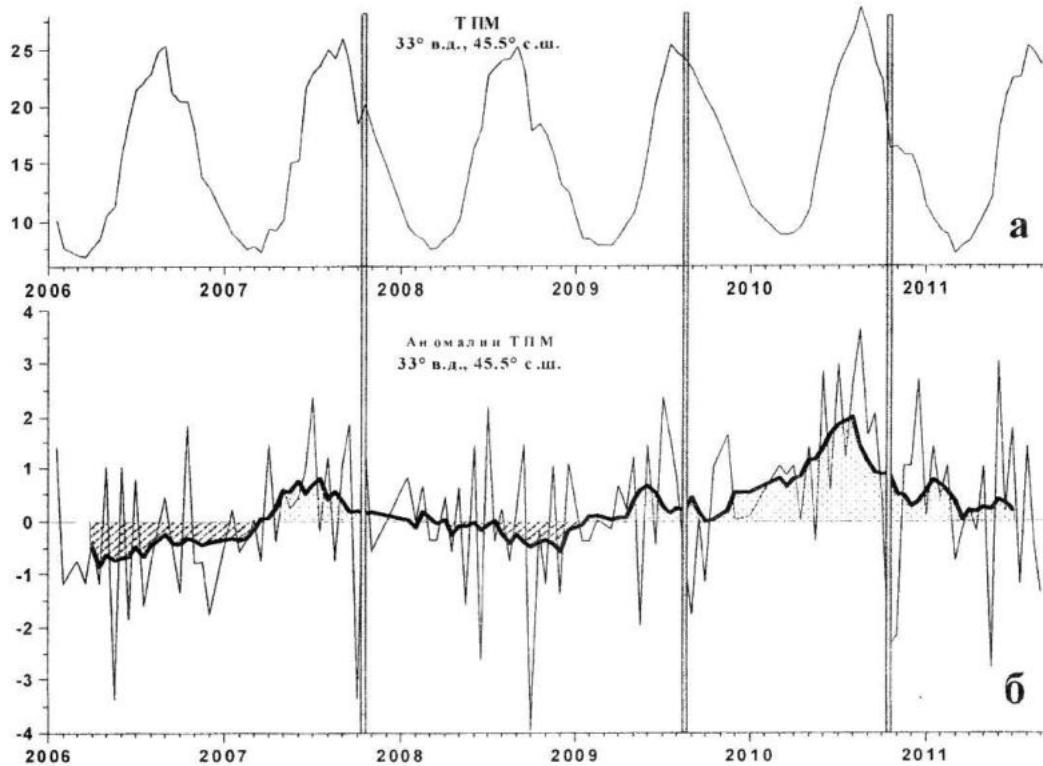


Рис. 10. Межгодовой ход ТПМ (а) и ее аномалий (б) в северо-западной части Черного моря по спутниковым данным *SeaWiFS* (а) [7, 8] (жирная кривая – скользящее осреднение по 9-ти точкам). Вертикальными линиями отмечено время съемок

Анализ полей ТПМ и СПМ, полученных по данным съемок, выявил ряд особенностей (рис. 11). Съемка в августе 2009 года выполнялась на два месяца раньше, чем в 2007 и 2010 гг. На всей акватории съемки наблюдались высокая температура воды и более низкая соленость, что обусловлено, главным образом, другой фазой климатического сезонного цикла, чем в 2007 и 2010 гг. (рис. 11, б, д). Это подтверждается спутниковыми измерениями ТПМ из массива *SeaWiFS* [7, 8]. Хотя в период съемки по несглаженным данным наблюдались отрицательные аномалии ТПМ, тем не менее, значения самой температуры в августе 2009 года были выше, чем в октябре 2007 и 2010 гг. (рис. 10, а).

Съемки в октябре 2007 и 2010 гг. были выполнены в одну фазу сезонного цикла (рис. 10, а). Вместе с тем, в октябре 2007 г. температура воды верхнего слоя была повсеместно на 1 – 1.5 °C выше, чем в октябре 2010 г. (рис. 11, а, в). Абсолютный максимум

ТПМ (18.6 °C) отмечался на юге съемки, минимум (14.8 °C) – на траверзе Днестровского лимана. На других участках побережья температура не опускалась ниже 16 °C. По спутниковым данным в пределах съемки на всей акватории Черного моря преобладали положительные аномалии ТПМ (рис. 12, а).

В октябре 2010 г. вдоль всего побережья температура воды была ниже 15 °C. Это свидетельствует о том, что процесс интенсивного охлаждения охватил все прибрежные воды на протяжении более 150 км, т.е. на расстоянии порядка синоптического масштаба. В целом, низкие значения ТПМ в октябре 2010 г. хорошо согласуются с отрицательными аномалиями ТПМ по спутниковым данным (рис. 12, в).

Отметим, что более высокая температура в октябре 2007 г. сопровождалась более низкими значениями солености, чем в октябре 2010 г. (рис. 11, г, е). Исключение составляла очень низкая соленость (в октябре 2010 г.) на

траверзе Днестровского лимана, совпадающая с линзой холодной воды. Ее происхождение может быть связано с синоптическим выносом холодной и пресной воды из Днестровского лимана.

Несмотря на обширный пространственный масштаб интенсивного прибрежного выхолаживания (более 150 км), более низкую температуру и повышенную соленость во всей мористой части съемки в октябре 2010 г. по сравнению с 2007 г., с высокой степенью вероятности можно констатировать, что наблюдаемые различия связаны с синоптическими вариациями термохалинных полей. Косвенным подтверждением таких измене-

ний являются синоптические флуктуации аномалий ТПМ на рис. 10, б.

Различные фазы синоптического процесса в октябре 2007 и 2010 гг. проявлялись также и на пространственных распределениях аномалий ТПМ (рис. 12, а, в).

Дальнейший анализ с привлечением непрерывных рядов гидрометеорологических измерений на береговых станциях и данных о расходах рек позволит уточнить причины наблюдаемых различий и оценить возможный вклад низкочастотной изменчивости в наблюдаемые распределения гидрометеорологических параметров.

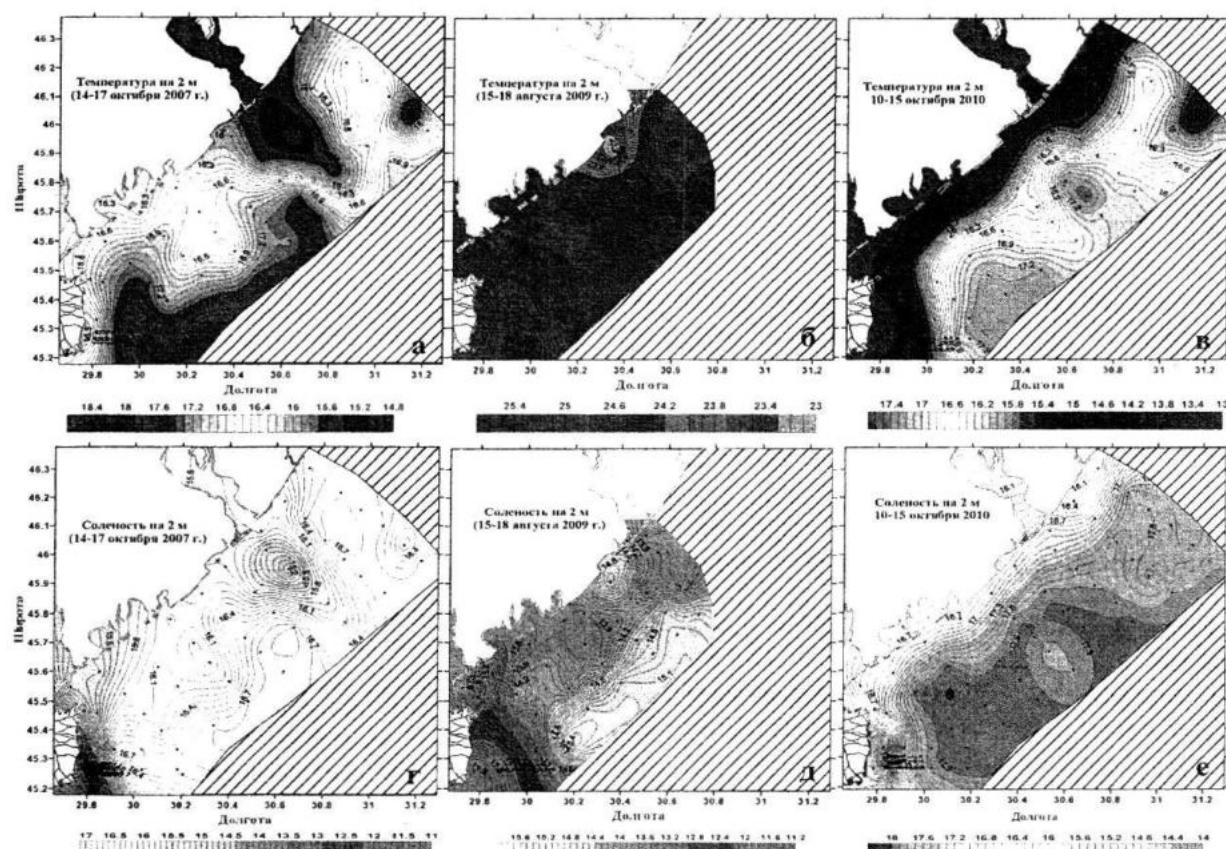


Рис. 11. Распределение температуры (а, б, в, ж, з) и солености (г, д, е) на горизонте 2 м (а – е) и на поверхности (ж, з) в северо-западной части Черного моря по данным съемок в октябре 2007 г. (а, г), августе 2009 г. (б, д), октябре 2010 г. (в, е)

Заключение. Период выполнения гидрологической съемки в 67-м рейсе НИС «Профессор Водяницкий» в октябре 2010 г. соответствовал климатической гидрологической осени, которая характеризуется интенсивным охлаждением поверхностных вод. В районе устья р. Дунай период климатического интенсивного распреснения закончился, а восточнее п. Одесса наступал второй период распреснения поверхностных вод.

Распределения зональной и меридиональной составляющих скорости течений по-

казали, что на востоке съемки преобладали течения на север. Прибрежная часть разрезов была занята преимущественно потоками южного направления. При этом отмечалось сильное меандрирование основных струй в пределах полигона.

Распределение температуры на поверхности (2 м) показало, что наиболее теплые воды с температурой $> 17^{\circ}\text{C}$ располагались на востоке съемки. Причем в этих областях фактическая температура была примерно на 0.5°C выше среднемесячной климатической нормы.

Полоса вод с температурой $< 16^{\circ}\text{C}$ располагалась вдоль всего побережья, что свидетельствует о начале осеннего охлаждения в прибрежных районах.

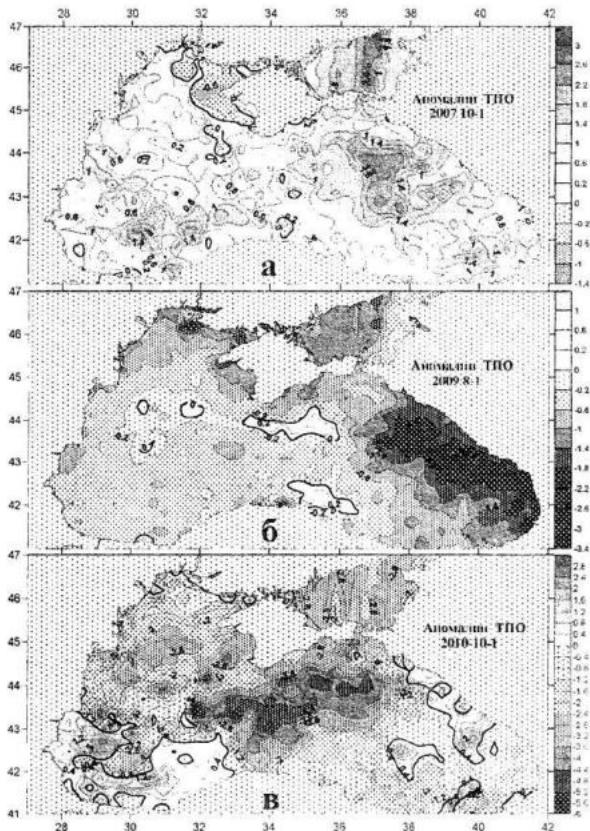


Рис. 12. Распределение аномалий температуры в первой половине октября 2007 (а), 2009 (б) и 2010 (в) гг. по спутниковым данным *SeaWiFS*

Распределение солености характеризовалось минимальными значениями ($< 10\%$) напротив дельты р. Дунай. Другая область распреснения была отмечена к северу от устья Днестровского лимана. Происхождение ее, вероятнее всего, было связано с выносом стоковых вод из района Одессы и Днепровского лимана. Вся центральная и восточная часть съемки была занята водами с высокой соленостью ($17 - 18\%$).

Установлено, что в зоне Севастопольского антициклона что над свалом глубин прошлигивались два ядра зонального потока. Одно ядро располагалось в верхней части ХПС, другое – на его нижней границе.

Сравнение термохалинных характеристик в северо-западной части Черного моря по материалам наблюдений в октябре 2007 и 2010 гг. с привлечением спутниковых данных позволили сделать вывод о том, что наблюдаемые различия обусловлены, главным образом, доминирующим влиянием синоптических процессов. Синоптическая изменчивость проявилась в том, что в октябре 2010 г.

отмечено интенсивное выхолаживание вдоль всего участка исследуемого побережья (более 150 км), кроме того, вся мористая часть съемки характеризовалась более низкой температурой, а соленость повсеместно была выше, чем в октябре 2007 года.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Отчет о работе отряда гидрологии и течений в 67-м рейсе НИС «Профессор Водяницкий», октябрь 2010 г. // Фонды МГИ НАН Украины.
2. Морозов А.Н., Лемешко Е.М. Опыт использования акустического доплеровского измерителя течений (ADCP) в условиях Черного моря // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – Севастополь: МГИ НАН Украины, 2005. – № 12. – С. 457 – 476.
3. Белокопытов В.Н. Термохалинная и гидролого-акустическая структура Черного моря / Диссертация на соискание ученой степени кандидата географических наук // Рукопись. – Севастополь, 2004. – 143 с.
4. Артамонов Ю.В., Белокопытов В.Н., Скрипальева Е.А. Сезонная динамика крупномасштабных циклонических круговоротов Черного моря // Системы контроля окружающей среды / Средства и информационные технологии. – Севастополь: МГИ НАН Украины, 2006. – С. 268 – 270.
5. Артамонов Ю.В., Белокопытов В.Н., Скрипальева Е.А., Шугаев А.В. Особенности сезонной изменчивости биооптических характеристик в крупномасштабных циклонических круговоротах Черного моря // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – Севастополь: МГИ НАН Украины, 2009. – Вып. 18. – С. 305 – 318.
6. Полонский А.Б., Воскресенская Е.Н., Пончиков В.Л. Статистический прогноз среднемесячного стока черноморских рек на основе циркуляционных атмосферных процессов // Доповіді НАН України. – 2010. – № 11. – С. 95 – 101.
7. <http://Blackseacolor.com>.
8. Артамонов Ю.В., Скрипальева Е.А., Шугаев А.В. Сезонная и межгодовая изменчивость распределения хлорофилла “а” на поверхности Черного моря по данным *SeaWiFS* // Системы контроля окружающей среды / Средства и информационные технологии. – Севастополь: МГИ НАН Украины, 2010. – Вып. 14. – С. 129 – 134.