

Ю.П.Ильин\*, В.Н.Белокопытов\*\*

*\*Морское отделение Украинского научно-исследовательского  
гидрометеорологического института, г.Севастополь*

*\*\*Морской гидрофизический институт НАН Украины, г.Севастополь*

**СЕЗОННАЯ И МЕЖГОДОВАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ  
ПАРАМЕТРОВ ХОЛОДНОГО ПРОМЕЖУТОЧНОГО СЛОЯ  
В ОБЛАСТИ СЕВАСТОПОЛЬСКОГО  
АНТИЦИКЛОНИЧЕСКОГО КРУГОВОРОТА**

Рассматриваются внутригодовые и межгодовые различия в структуре вод холодного промежуточного слоя (ХПС) как индикатора интенсивности антициклонического круговорота у свала глубин северо-западной части Черного моря. Используются все доступные данные натуральных гидрологических наблюдений, в частности – полигонных съемок 1983 – 1998 гг. Получены эмпирические зависимости параметров ХПС в зоне круговорота в весенне-летний период от индекса суровости предшествующей зимы.

Одним из наиболее интересных элементов среднemasштабной динамики вод Черного моря являются антициклонические вихри, которые ассоциируются с неоднородностями береговой линии и топографии дна. Они привлекают внимание ученых, прежде всего, как важный элемент взаимодействия вод и переноса вещества между прибрежными зонами и глубоководной акваторией Черного моря [1 – 7]. Эти антициклоны обычно генерируются у свала глубин, на правом фланге Основного черноморского течения (ОЧТ), и имеют пространственные масштабы порядка 10 – 100 км. Некоторые из них существуют как квазистационарные динамические образования, проявляясь на климатических картах динамической топографии, построенных на сетках с достаточно высоким разрешением по данным гидрологических наблюдений [8] или в рамках численных моделей (например, [9]). Один из наиболее изученных квазистационарных антициклонов – это, так называемый, Севастопольский вихрь (по терминологии, предложенной в [10]).

Как показали исследования на основе совместного анализа гидрологических съемок и спутниковых наблюдений [3 – 5, 11], Севастопольский вихрь, в сущности, представляет собой область антициклонической конвергенции (круговорота), состоящую из одного, двух и более ядер (вихрей), которые могут поочередно интенсифицироваться и смещаться в генеральном направлении к юго-западу, а могут оставаться в примерно постоянных границах антициклонического круговорота. При этом, по данным спутниковых наблюдений, к концу лета и осенью вихрь или его отдельные ядра (при их наличии) прижимаются к материковому склону и частично выходят на шельф, что свидетельствует об ослаблении энергии вихря и уменьшении толщины слоя вод, охваченных антициклоническим движением.

Наблюдения 1985 и 1987 гг., которым предшествовали суровые зимы, дали толчок к исследованию влияния эволюции холодного промежуточного

слоя (ХПС) на энергоснабжение и развитие (увеличение вертикальных и горизонтальных размеров) антициклонических вихрей у свала глубин северо-западной части Черного моря (СЗЧМ), т.е. в области Севастопольского антициклонического круговорота (САЦ). По-видимому, первой публикацией, где была изложена гипотеза о роли суровости зимы и связанного с ней влияния ХПС на развитие САЦ, была работа [12], посвященная комплексному анализу и интерпретации данных спутниковых и судовых наблюдений, полученных в ходе экспериментального мониторинга 1987 г. Подобная идея, очевидно независимо, легла в основу [13], где был выполнен содержательный физический анализ механизма энергоснабжения глубоких АЦ вихрей Черного моря и подчеркивалась роль ХПС в этом процессе. Охлажденные за зиму воды шельфа под действием гравитационных сил сползают по склону и накапливаются в зоне конвергенции (впадине в топографии основного пикноклина) у свала глубин. Сюда же изопикнически перемещаются и охлажденные воды с купола Западного циклонического круговорота. Этот процесс приводит к интенсификации антициклонических вихрей, первичная генерация которых связана с баротропно-бароклинной неустойчивостью ОЧТ к западу от Севастополя. Влияние ХПС определяет также особенности вертикальной термической структуры в АЦ [13, 14] и формирование холодных поверхностных аномалий над ними [3, 11]. Механизмы формирования АЦ вихрей справа от ОЧТ и их взаимодействия с процессом формирования и распространения вод ХПС подтвердились в результате экспериментов с численными моделями [6, 15].

В связи с вышеизложенным, возникла необходимость исследовать особенности сезонной и многолетней изменчивости параметров ХПС в зоне САЦ по данным всех доступных гидрологических наблюдений, накопленных к настоящему времени в базах океанологических данных Черного моря. В данной работе поставлена задача описания внутригодового и межгодового хода этих параметров и их связи с межгодовой изменчивостью индекса суровости зимы. Ранее была предпринята попытка анализа условий обновления вод ХПС в масштабе всего Черного моря и нахождения их корреляционных связей с внешними гидрометеорологическими факторами [16]. В частности, самый высокий коэффициент корреляции (0,65) был получен для связи между температурой ХПС и индексом суровости зимы. Одна из целей данной работы – проверить, проявится ли и будет ли более тесной эта связь для ограниченного энергоактивного района у свала глубин СЗЧМ.

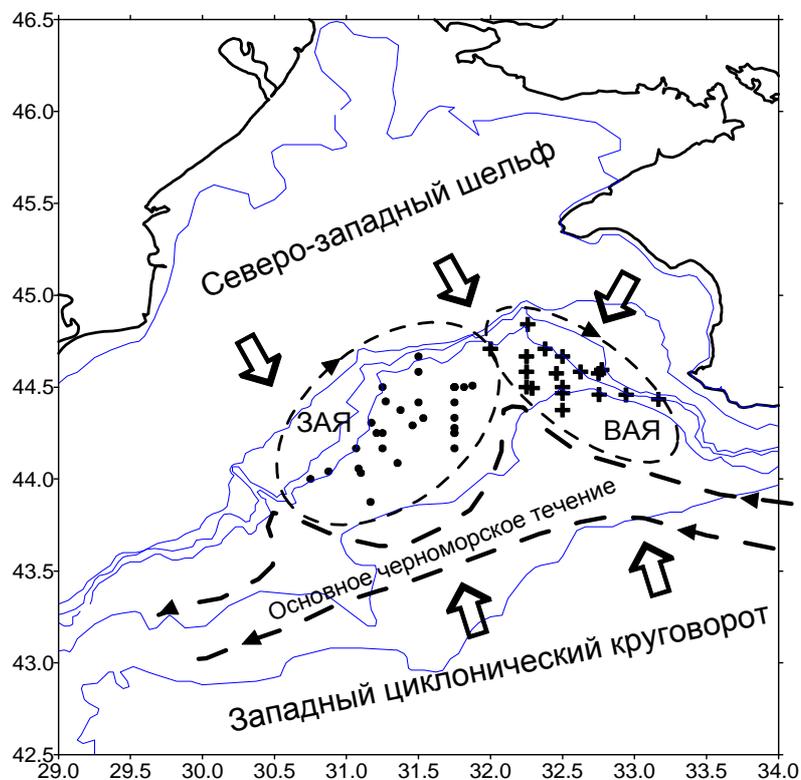
**Материалы и методика исследований.** Основой работы служил массив первичных гидрологических данных Черного моря, созданный на основе банков данных МГИ НАНУ и МО УкрНИГМИ. Общее число гидрологических станций составило 130320 за период 1910 – 2003 гг. По этим данным рассчитан новый климатический массив температуры и солености, наиболее статистически обеспеченный по сравнению с предыдущими версиями [17]. Климатический массив состоит из 12 среднегодовых месячных массивов, построенных в виде регулярной сетки с шагом по широте и долготе 20 миль. По глубине дискретность переменная: в слое 0 – 100 м шаг между горизонтами 10 м; 50 м – в слое 100 – 300 м; 100 м – глубже 300 м. С помощью этого массива были построены месячные карты динамической топо-

графии для СЗЧМ, включающей область САЦ, а также меридиональные разрезы температуры и солености через центры квазистационарных вихрей САЦ. В узлах сетки, ближайших к климатическим центрам вихрей, для каждого месяца определены параметры ХПС – его верхняя и нижняя границы (глубины залегания верхней и нижней изотерм 8 °С), температура, соленость и глубина залегания ядра ХПС (минимума температуры), средняя температура и холодозапас ХПС. По результатам строились графики сезонного хода параметров ХПС для периода года с марта по октябрь, т.е. от начала формирования ХПС именно как слоя промежуточной воды до начала осенне-зимнего конвективного выхолаживания.

Для исследования межгодовой изменчивости из общего массива первичных наблюдений выбирались съемки рассматриваемого района, выполненные в период с марта по октябрь на сетках станций, позволяющих оконтурить вихревые образования или, по крайней мере, их центры. Как оказалось, такие съемки выполнялись, начиная с 1983 г. Хотя последняя съемка относится к 1998 г., можно считать, что более-менее регулярные полигонные наблюдения в этом районе закончились в 1995 г. При наличии квазисинхронных данных спутниковых съемок они использовались для уточнения положения центров вихрей и их размеров в случае, если гидрологическая съемка не полностью покрывала вихрь (или несколько вихрей).

Всего проанализировано 39 съемок, выполненных на НИС Академии Наук («Академик Вернадский», «Михаил Ломоносов», «Профессор Колесников», «Профессор Водяницкий», «Трепанг», «Горизонт»), Гидрометслужбы («Яков Гаккель», «Муссон») и Минрыбхоза. Использовались также сводные массивы данных, полученных в ходе межведомственных съемок 1984 г. и международных экспедиций по программам *CoMSBlack*, *TU-Black Sea* 1993, 1994 гг. С помощью визуального анализа карт динамической топографии и других океанографических характеристик выбрано 110 станций, относящихся к центрам вихревых образований. Для каждой станции рассчитывались те же параметры ХПС, что и для климатического массива. В случае если в центр вихря на одной съемке попадали несколько станций, полученные оценки ХПС осреднялись. Таким образом, было получено 88 оценок параметров ХПС, из которых 46 относились к центрам Западного антициклонического ядра (ЗАЯ), а 41 – к центрам Восточного антициклонического ядра (ВАЯ) САЦ. После этого осреднялись параметры ХПС в центрах каждого ядра в пределах каждого месяца (если в данном месяце данного года было выполнено более одной съемки на одном или разных судах). Всего получилось 49 месячных оценок с марта по октябрь для периода 1983 – 1998 гг., из которых 31 относится к ЗАЯ, 18 – к ВАЯ.

На рис.1 представлено положение центров антициклонических ядер, т.е. координат месячных оценок параметров ХПС в центрах вихрей. Видно, что они группируются в две области к югу от свала глубин: ЗАЯ в диапазоне 30,75 – 32,0° в.д. и ВАЯ в диапазоне 32,0 – 33,25° в.д. Следует отметить, что одновременное существование обоих ядер наблюдалось лишь в 16 месяцах из всего полученного ряда (33 %), и все они относились лишь к 7 годам (1988 – 1994 гг.) из 14 (1983 – 1995, 1998 гг.), для которых имелись данные гидрологических наблюдений. Причем наличие двуядерной структуры САЦ



Р и с . 1 . Положение центров ЗАЯ (•) и ВАЯ (+) САЦ по данным гидрологических съемок за 1983 – 1998 гг. Схематически показаны контуры вихрей САЦ (- - -) и ОСЧТ (---). ⇒ показывают поступление вод ХПС в область САЦ из основных районов зимнего выхолаживания – Западного глубоководного циклонического круговорота и СЗЧМ. Сплошные тонкие линии – изобаты (с севера на юг) 20, 100, 200, 500, 1500 и 2000 м.

в 1988 – 1994 гг. подтверждалось также данными спутниковых наблюдений, а в 1987 г. из космоса наблюдался лишь один вихрь с экстремально большим диаметром ~ 120 км [12]. В 1998 г., по спутниковым данным, в этом районе существовало более одного ядра [5], но судовая съемка выполнялась лишь в районе одного из них. По-видимому, для периода 1983-1986 гг., для которого нет данных спутниковых съемок в этом районе, также возможны ситуации, когда судовая съемка регистрировала лишь один из существовавших в действительности вихрей, но подтвердить это в настоящее время невозможно. Таким образом, оценка повторяемости ситуаций существования более одного ядра САЦ, полученная по данным судовых съемок, не является достоверной.

Для исследования связи параметров ХПС в зоне САЦ с влиянием степени охлаждения вод в предшествующую зиму, месячные оценки, попадающие в весенне-летний сезон каждого года, осреднялись. При этом в случае существования двуядерной структуры САЦ находились средние параметры ХПС по данным для обоих ядер. В качестве индекса суровости зимы использовались суммы среднесуточных отрицательных температур за пред-

шествующий период с октября по апрель по данным наблюдений над температурой воздуха на МГ Одесса, Очаков и Хорлы [16].

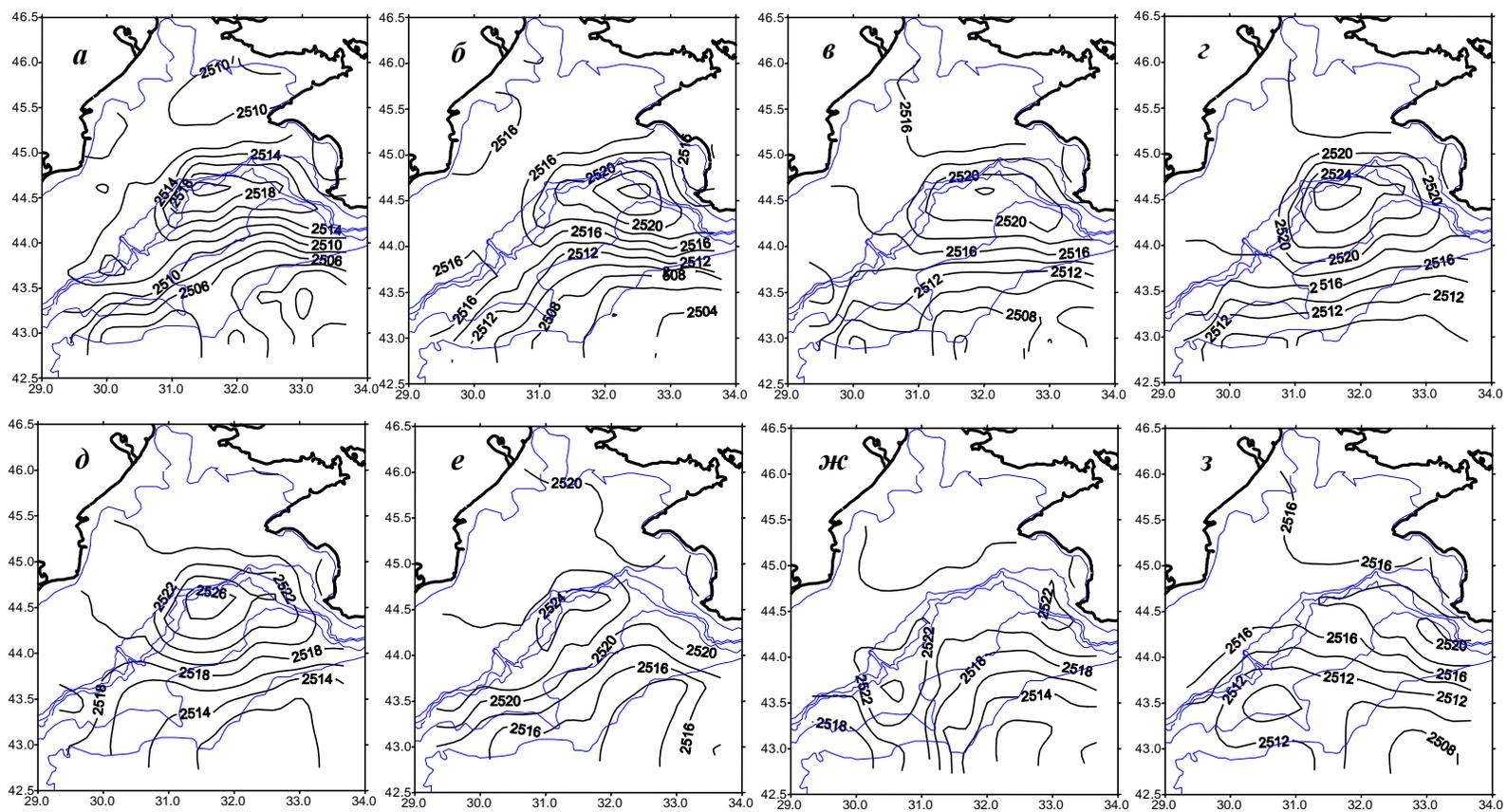
Для работы по выборке из базы метеорологических данных, гидрологических съемок и их анализу, а также расчету и анализу климатических полей температуры и солености использовались программные комплексы «ГИС Гидрометеорология Черного и Азовского морей» [18] и «Гидролог» [19].

**Климатическая динамическая и термохалинная структура вод.** Прежде всего, рассмотрим климатические поля динамической топографии морской поверхности, построенные динамическим методом относительно поверхности 300 дбар по среднемноголетним данным о температуре и солености для каждого месяца с марта по октябрь (рис.2). При этом для оконтуривания вихревых образований у свала глубин СЗЧМ использовалась методика дополнения мелководных станций (на глубинах меньше 300 м) средним профилем плотности, полученным по данным глубоководных станций.

Основные особенности климатического сезонного изменения циркуляции у свала глубин СЗЧМ состоят в поочередной интенсификации западного (в марте) и восточного (в апреле) ядер АЦ круговорота, объединении их в один круговорот в мае (или, возможно, выравнивании интенсивности ядер), затем устойчивом преобладании западного ядра в июне и июле. После этого наблюдается его ослабление и прижатие к свалу глубин в августе. В сентябре в климатической циркуляции вод проявляются оба ядра, но значительно ослабленные и разделенные циклоническим меандром ОЧТ, а в октябре существует лишь слабое восточное ядро САЦ. На месте западного ядра располагается циклонический вихрь, образованный слева от ОЧТ, струя которого смещается ближе к свалу глубин.

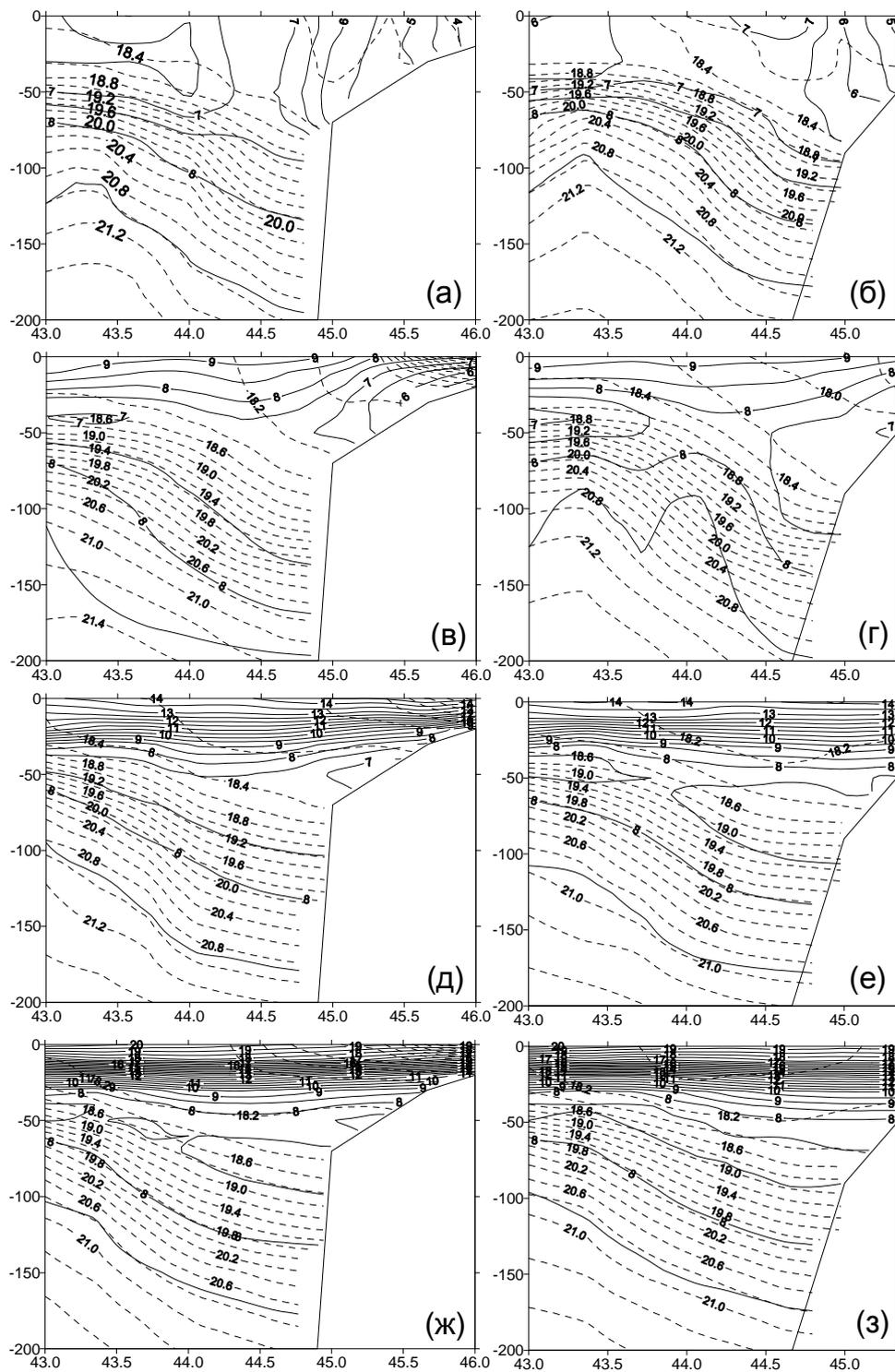
Таким образом, можно заключить, что в климатическом сезонном ходе динамической топографии с марта по июнь отмечается развитие САЦ, а с августа по октябрь – его ослабление. При этом на фазе развития происходит поочередная интенсификация ЗАЯ и ВАЯ с установившимся преобладанием ЗАЯ в середине лета. Ослабление ядер САЦ сопровождается их смещением и исчезновением западного ядра к середине осени. Вероятно, это объясняется ослаблением источника энергетической подпитки САЦ (заканчивается процесс пополнения ХПС) при сохранении источника генерации неустойчивостью ОЧТ у юго-западной оконечности шельфа Крымского п-ова. Из этого следует, что существование ЗАЯ может быть в большей степени обусловлено влиянием ХПС, в то время как ВАЯ, кроме того, постоянно получает энергию от ОЧТ в зоне резкого изменения направления береговой линии и изобат.

На рис.3 представлены вертикальные распределения температуры и солености морской воды на разрезах вдоль меридианов 31,5 и 32,5° в.д., проходящих примерно через климатические центры ЗАЯ и ВАЯ в период их развития (с марта по июнь). Видно, что в марте наиболее холодные воды с соленостью до 18,2 ‰ поступают в зону САЦ с шельфа СЗЧМ. Холодная вода купола Западного циклонического круговорота (ЗЦК) с соленостью 18,4 ‰ и более в большей степени влияет на область западного ядра, чем восточного. В апреле усиливается поступление шельфовых вод в ХПС восточного ядра, обеспечивая у свала глубин большой прогиб основного пикно-



Р и с . 2 . Карты динамической топографии морской поверхности относительно поверхности 300 дбар (дин. см) по климатическим данным для марта (а), апреля (б), мая (в), июня (г), июля (д), августа (е), сентября (ж) и октября (з). Сплошные тонкие линии – изобаты (см. подпись к рис.1).





Р и с. 3. Вертикальные разрезы среднемноголетних температуры ( $^{\circ}\text{C}$ ) (—) и солености ( $\text{‰}$ ) (- - -) вдоль  $31,5^{\circ}$  (слева) и  $32,5^{\circ}$  (справа) в.д. в марте (а, б), апреле (в, г), мае (д, е) и июне (ж, з).

клина и, следовательно, способствуя интенсификации ВАЯ, согласно схеме [13]. В мае – июне развивается сезонный термоклин, а на ХПС в зоне САЦ воздействует, преимущественно, вода ЗЦК, причем в июне – в большей степени на ЗАЯ.

**Сезонная изменчивость параметров ХПС.** Наиболее информативными параметрами холодного промежуточного слоя являются его минимальная температура ( $T_{min}$ ) и так называемый холодозапас, т.е. интегральное отклонение температуры воды ХПС от 8 °С. Последний параметр учитывает не только степень охлаждения, но и толщину слоя холодной промежуточной воды. На рис.4 представлен сезонный ход этих параметров для климатических центров ядер САЦ. Для сравнения показаны также результаты определения параметров ХПС в областях ЗЦК, находящиеся примерно в тех же границах по долготе, что и вихри САЦ, но южнее ОЧТ, в районе 43° с.ш.

Из рис.4 видно, что наименьшая минимальная температура ХПС на всех кривых наблюдается в марте, когда сезонного термоклина еще нет. То-

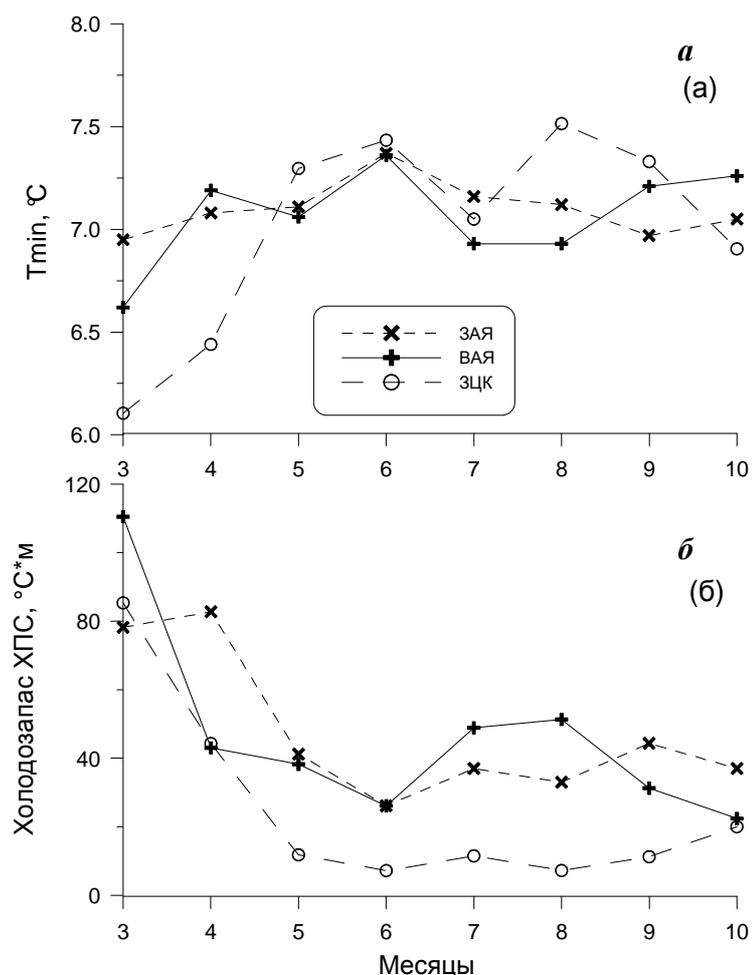


Рис. 4. Сезонный ход минимальной температуры (а) и холодозапаса (б) ХПС в климатических центрах ядер САЦ и в области ЗЦК.

гда же ХПС имеет наибольший холодозапас в ЗЦК и ВАЯ, а для ЗАЯ максимум наступает в апреле, очевидно, из-за увеличения слоя холодных вод, поступивших туда к этому времени из близлежащих районов шельфа и ЗЦК. С марта по июнь наблюдается монотонное увеличение  $T_{min}$  и уменьшение холодозапаса ХПС в области ЗЦК, поскольку в этот период охлажденные воды стекают с купола циклонического круговорота и накапливаются в ложбине САЦ. Но в ядрах антициклонического круговорота также отмечается уменьшение запаса холода и, в целом, рост минимальной температуры с апреля по июнь, хотя и не в такой степени и не так быстро, как в ЗЦК. Вероятно, это объясняется как ростом температуры поверхностного слоя и заглублиением сезонного термоклина (что уменьшает толщину ХПС), так и адвективным оттоком холодной промежуточной воды из центров ядер САЦ. Обращает на себя внимание падение  $T_{min}$  в ЗЦК примерно на  $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  в июле, которое, однако, не сопровождается существенным увеличением холодозапаса. Возможно, в этом месяце в область ЗЦК поступает новая порция холодной воды от внешнего источника. То, что такой эффект проявляется в этом месяце также и в вихрях САЦ, подтверждает эту возможность. Скорее всего, сказывается влияние адвекции холодных вод с востока, из районов шельфа Керченского пролива и Восточного циклонического круговорота (ВЦК). Заметное увеличение холодозапаса в вихрях САЦ по сравнению с его незначительным увеличением в ЗЦК, означает, что больший объем холодной воды поступает в антициклонические ложбины. В пользу этого свидетельствует и то, что уже в августе минимальная температура ХПС в ЗЦК возрастает и даже превышает ее июньское значение, в то время как в вихрях САЦ она не растет, а в ЗАЯ процесс похолодания ХПС продолжается до сентября. В сентябре – октябре отмечается также и новое похолодание ХПС в ЗЦК, сопровождающееся увеличением холодозапаса. При этом в ВАЯ, а в октябре и в ЗАЯ, минимальная температура даже немного увеличивается, а холодозапас уменьшается. Это означает, что из разрушающихся антициклонических вихрей возможен отток вод ХПС, сопровождающийся их потеплением за счет перемешивания с водами более теплых слоев.

Совместный анализ рис.2 – 4 позволяет заключить, что чередование динамической интенсификации западного и восточного ядер на фазе развития САЦ сопровождается также чередованием превышения минимальной температуры и холодозапаса ХПС в ядрах относительно друг друга, однако это чередование идет с запаздыванием примерно на один месяц.

**Межгодовая изменчивость параметров ХПС.** Для анализа межгодовой изменчивости использовались месячные параметры ХПС в обоих ядрах САЦ, попадающие в интервал май – сентябрь для каждого года. Данные, полученные в марте – апреле, не учитывались, т.к. в среднемноголетнем марте параметры ХПС намного отличаются от тех, которые характерны для конца весны и летом (рис.4). Такая же ситуация в отдельные годы может наблюдаться и в апреле, после затяжной зимы. При наличии только одной съемки, как это было в апреле 1993 г., годовая оценка становится не репрезентативной. По этой же причине исключены данные, полученные в октябре, т.к. в этом месяце динамика ХПС в отдельные годы может маскироваться осенней конвекцией. Таким образом, были получены оценки для 11 лет

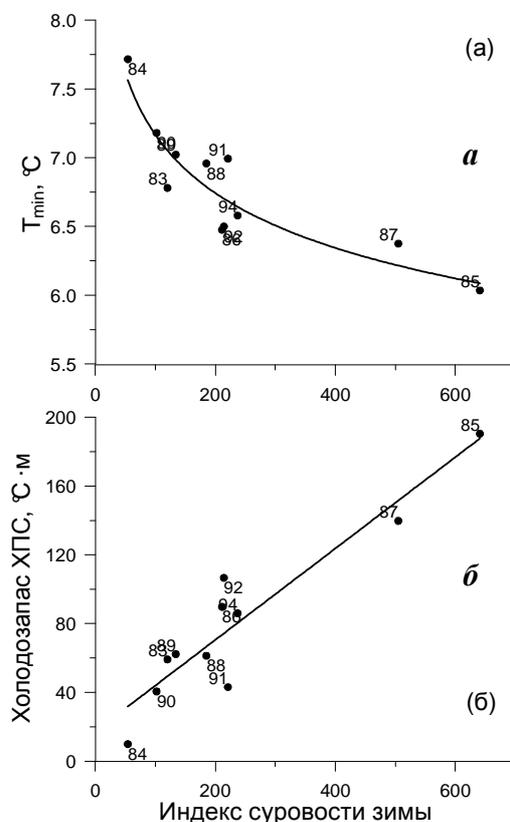
(1983 – 1992, 1994 гг.). Эти данные сопоставлялись с величинами индекса суровости предшествующей зимы ( $SI$ ), т.е. суммы отрицательных среднесуточных температур за период с октября предыдущего года по апрель данного года (по данным МГ Одесса, Очаков и Хорлы). В соответствии с принятыми критериями [20], весенне-летним сезонам 1983, 1984, 1988 – 1990 гг. предшествовали мягкие зимы ( $SI < 200$ ); 1986, 1991, 1992, 1994 гг. – умеренные зимы ( $200 \leq SI < 400$ ); 1985, 1987 гг. – суровые зимы ( $SI \geq 400$ ).

На рис.5 представлены графики рассеяния  $T_{min}$  и холодозапаса ХПС в зависимости от величины  $SI$ , взятой для удобства с плюсом. Там же показаны кривые аппроксимации, наилучшим образом (в смысле максимума коэффициента детерминации  $R^2$ ) описывающие корреляционные зависимости. Для связи минимальной температуры с суровостью зимы наилучшей оказалась степенная зависимость, объясняющая 83 % суммарной дисперсии, а для холодозапаса ХПС ( $CS$ ) – линейная (объясняет 87 % дисперсии):

$$T_{min} = 10,74 \cdot SI^{0,088}, \quad (R^2 = 0,83; R = -0,91); \quad (1)$$

$$CS = 0,266 \cdot SI + 17,43, \quad (R^2 = 0,87; R = 0,93). \quad (2)$$

Полученные высокие показатели тесноты связей параметров ХПС со степенью охлаждения вод предшествующей зимой объясняются, очевидно, наличием данных для двух лет с суровыми зимами: 1985 и 1987 гг. Разброс параметров ХПС в области мягких и умеренных зим обусловлен, прежде всего, их сезонной изменчивостью и неравномерным распределением данных по месяцам и годам, что является типичным при анализе межгодовой



изменчивости океанографических процессов по данным натурных наблюдений. Кроме того, ошибки расчета параметров ХПС по первичным данным гидрологических наблюдений также существенны в мягкие и умеренные зимы, когда толщина слоя и степень охлаждения промежуточных вод меньше. Особенно это видно на примере тех съемок, данные которых представлены только для стандартных (или близких к ним) горизонтов. В таком случае на слой ХПС приходится всего лишь 3 – 5 горизонтов и определение глубин изотерм 8 °C и параметров ядра ХПС производится приближенно путем интерполяции.

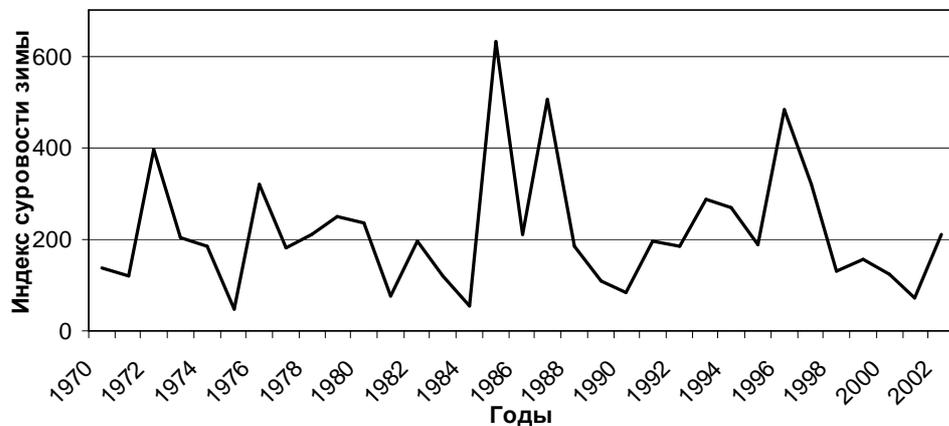
Р и с . 5 . Корреляционные зависимости температуры ядра (а) и холодозапаса ХПС (б) в весенне-летний период от индекса суровости предшествующей зимы. Цифры у точек – годы наблюдений.

Тем не менее, формулы (1), (2) и графики рис.5(*a*, *б*) отражают отчетливую закономерность повышения степени подпитки вод ХПС в результате увеличения охлаждения вод в предшествующий зимний период. Этот эффект действует в течение всего весенне-летнего периода, что позволяет прогнозировать средние параметры ХПС в зоне САЦ на предстоящий весенне-летний сезон уже в марте, когда индекс суровости заканчивающейся зимы может быть оценен с высокой степенью достоверности. Полученные зависимости могут служить также для косвенной характеристики межгодовой изменчивости параметров ХПС и интенсивности антициклонического круговорота, особенно в те годы, для которых нет данных контактных или спутниковых наблюдений в зоне САЦ. Рассмотрим временной ход *SI* за период 1970 – 2002 гг. (рис.6).

Очевидно, что пониженная температура ядра и высокий холодозапас ХПС в САЦ должен был наблюдаться после суровой зимы 1996 г., а также «почти суровой» зимы 1972 г. Поскольку, как отмечено ранее, после суровой зимы 1987 г. наблюдался один вихрь диаметром около 120 км, можно предположить, что после других суровых зим также существовала одноядерная структура САЦ. Однако оценка связи суровости зимы и характеристик ХПС с размерами и количеством АЦ вихрей в последующий весенне-летний сезон выходит за рамки данной работы и является предметом дальнейшего исследования.

**Выводы.** Проанализирована сезонная изменчивость гидрологической и динамической структуры вод в области квазистационарного антициклонического круговорота у свала глубин северо-западной части Черного моря – Севастопольского антициклона. Показано, что с марта по июнь отмечается развитие САЦ, а с августа по октябрь – его ослабление. При этом на фазе развития происходит поочередная интенсификация западного и восточного антициклонических вихрей (ядер) с установившимся преобладанием ЗАЯ в середине лета. Ослабление ядер САЦ сопровождается их смещением и исчезновением западного ядра к середине осени.

Рассмотрены внутригодовые изменения в структуре вод ХПС как индикатора интенсивности антициклонического круговорота. Установлено, что чередование превышения величин параметров ХПС в ядрах относительно



Р и с . 6 . Изменчивость индекса суровости зимы в 1970 – 2002 гг.

друг друга происходит с запаздыванием примерно в один месяц от чередования динамической интенсификации ядер на фазе развития САЦ. Этот факт подтверждает ведущую роль динамического источника подпитки энергии САЦ (неустойчивость ОЧТ к западу от южной оконечности Крыма).

Получены эмпирические зависимости параметров ХПС в зоне круговорота в весенне-летний период от индекса суровости предшествующей зимы. Эти связи можно использовать для прогноза и косвенной оценки межгодовой изменчивости параметров ХПС в САЦ.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Barale V., Murray C.N.* The surface colour field of enclosed marine basins: pigment patterns of the Black Sea // *Remote Sensing Reviews.*– 1995.– 12.– P.61-82.
2. *Sur H.I., Ozsoy E., Ilyin Y.P., Unluata U.* Coastal / Deep ocean interactions in the Black Sea and their ecological / environmental impacts // *J. of Mar. Sys.*– 1996.– 7.– P.293-320.
3. *Sur H., Ilyin Y.* Evolution of satellite derived mesoscale thermal patterns in the Black Sea // *Progress in Oceanography.*– 1997.– 39.– P.109-151.
4. *Ginzburg A.I, Kostianoy A.G., Soloviev D.M., Stanichny S.V.* Remotely sensed coastal/deep water basin exchange processes in the Black Sea surface layer // *Satellites Oceanography and Society.* Ed. D. Halpern.– 2000.– P.273-287.
5. *Ginzburg A.I, Kostianoy A.G., Nezlin N.P., Soloviev D.M., Stanichny S.V.* Anticyclonic eddies in the northwestern Black Sea // *J. Mar.Sys.*– 2002.– 32.– P.91-106.
6. *Staneva J.V., Dietrich D. E., Stanev E.V., Bowman M.J.* Rim Current and coastal eddy mechanisms in an eddy-resolving Black Sea general circulation model // *J. Mar. Sys.*– 2001.– 31.–P.137-157.
7. *Yankovsky A.E., Lemeshko E.M., Ilyin Y.P.* The influence of shelfbreak forcing on the alongshelf penetration of the Danube buoyant water, Black Sea // *Contin. Shelf Res.*– 2004.– 24.– P.1083-1098.
8. *Еремеев В.Н., Иванов В.А., Тужилкин В.С.* Климатические черты внутригодовой изменчивости гидрофизических полей шельфовой зоны Черного моря / Препринт.– Севастополь: МГИ АН УССР, 1991.– 52 с.
9. *Булгаков С.Н., Гертман И.Ф.* Исследование климатической горизонтальной циркуляции вод Черного моря в рамках диагностической модели // *Морской гидрофизический журнал.*– 1986.– 3.– С.6-13.
10. *Oguz T., Latun V.S., Latif M.A., Vladimirov V.V., Sur H.I., Markov A.A., Ozsoy E., Kotovshchikov B.B., Eremeev V.V., Unluata U.* Circulation in the surface and intermediate layers of the Black Sea // *Deep Sea Res.*– 1993.– 40, №8.– P.1597-1612.
11. *Ильин Ю.П.* Антициклонические вихри у свала глубин северо-западной части Черного моря: формирование поверхностных образований и спутниковые ИК-наблюдения в весенне-летний сезон // *Исследования шельфовой зоны Азово-Черноморского бассейна.*– Севастополь: МГИ НАНУ, 1995.– С.22-30.
12. *Гришин Г.А., Ильин Ю.П., Кихай Ю.В., Куница В.Э., Макеев И.Г., Хоролич Н.Г.* Анализ эволюции вихреобразного возмущения поля температуры западной части Черного моря в июне 1987 г. (по данным ИСЗ «НОАА») // *Исследование океана дистанционными методами.* Тр. 5-го Всесоюзного совещания-семинара по спутниковой гидрофизике.– Деп. рук. № 3765-89.– М.: ВИНТИ, 1989.– С.166-191.
13. *Латун В.С.* Энергоснабжение глубоководных антициклонических вихрей в Черном море // *Комплексные океанографические исследования Черного моря /* Под ред. В.Н.Еремеева.– Севастополь: МГИ АН УССР, 1990.– С.10-12.

14. *Блатов А.С., Булгаков Н.П., Иванов В.А., Косарев А.Н., Тужилкин В.С.* Изменчивость гидрофизических полей Черного моря.– Л.: Гидрометеиздат, 1984.– 240 с.
15. *Staneva J.V., Stanev E.V.* Cold intermediate water formation in the Black Sea. analysis on numerical model simulations // Sensitivity to Change: Black Sea, Baltic Sea and North Sea / Eds. E.Ozsoy, A.Mikaelyan.– Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 1997.– P.375-393.
16. *Belokopytov V.N.* Long-term variability of Cold intermediate layer renewal conditions in the Black Sea // Ecosystem modeling as a management tool for the Black Sea. Vol.2 / Eds. L.Ivanov, T.Oguz.– NATO Science Series, 2(47), Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1998.– P.47-52.
17. *Белокопытов В.Н.* Термохалинная и гидролого-акустическая структура вод Черного моря // Автореферат дисс. ... канд. геогр. наук.– Севастополь: МГИ НАН Украины, 2004.– 20 с.
18. *Белокопытов В.Н.* Применение геоинформационной системы «Гидрометеорология Черного и Азовского морей» для комплексного анализа океанографических съемок // Системы контроля окружающей среды.– Севастополь: МГИ НАН Украины, 2002.– С.200-204.
19. *Белокопытов В.Н.* Структура и организация базы знаний по термохалинным свойствам Азово-Черноморского бассейна (ЭПС ТЕРМОХАЛ). Экспериментальный макет автоматизированного рабочего места «Гидролог». // Системы, основанные на океанологических знаниях и данных / Под ред. В.Н.Еремеева, А.М.Суворова.– Севастополь: МГИ НАН Украины, 1995.– С.32-38.
20. *Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Т.IV. Черное море. Вып.1.* Гидрометеорологические условия / Под ред. А.И.Симонова, Э.Н.Альтмана.– СПб: Гидрометеиздат, 1991.– 430 с.

Материал поступил в редакцию 11.03.2005 г.